

# **JAHRBUCH** AGRARTECHNIK

## YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

---

Herausgeber/Editor:  
Prof. Dr. Ludger Frerichs







# JAHRBUCH AGRARTECHNIK

## YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

### Jahrbuch Agrartechnik / Yearbook Agricultural Engineering 2017

Band 29 / Volume 29

#### Vorwort

Mit der Veröffentlichung der neuen Ausgabe des *Jahrbuchs Agrartechnik* freuen wir uns, den Leserinnen und Lesern auch in diesem Jahr einen umfassenden Überblick über die aktuellen Entwicklungen in den vielfältigen Bereichen der Landtechnikbranche zu liefern. Der 29. Band wird wie gewohnt über die Homepage [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de) kostenfrei zum Download bereitgestellt, das gesamte Werk oder einzelne Beiträge können heruntergeladen werden. Mit der neuen Ausgabe wurde auch die Homepage modernisiert und spricht dadurch hoffentlich auch in Zukunft eine große Breite an interessierten Lesern an.

Ohne das ehrenamtliche Engagement der zahlreichen Autoren, die die einzelnen Beiträge im Jahrbuch verfassen, wäre eine regelmäßige Neuerscheinung und damit stetige Aktualisierung der Inhalte nicht möglich. An dieser Stelle möchte ich daher allen Autoren meinen herzlichen Dank aussprechen!

Um nicht nur den Umfang, sondern auch die Qualität des Jahrbuchs weiter zu sichern, richtet sich mein Dank auch an die Gutachter, die den Autoren über ein Review ein konstruktives fachliches Feedback geben.

In diesem Sinne wünsche ich den Leserinnen und Lesern viel Freude und Nutzen durch das *Jahrbuch Agrartechnik 2017*.

#### Preface

With the publishing of the new volume of the *Yearbook Agricultural Engineering*, we are happy to serve an overall insight into actual developments in the fields of agricultural industry to our readers. The 29<sup>th</sup> volume is provided free of charge to everyone via the homepage [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de), the whole volume or the single articles can be downloaded. With the new edition, the homepage was modernized and will hopefully address a wide range of interested readers.

Without the voluntary commitment of the authors, who write the single articles of the yearbook, the regular release and the steady update of the contents would not be possible. I like to take this opportunity to thank the authors for their valuable engagement!

To ensure not only the quantity, but also the quality of the yearbook, my special thanks also go to the reviewers, who give a constructive and professional feedback to the authors.

In this spirit, I wish the readers to have both pleasure and benefit with the *Yearbook of Agricultural Engineering 2017*.



Prof. Dr. Ludger Frerichs

---

#### Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

##### Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2017*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018.

Frerichs, Ludger (ed.): *Yearbook Agricultural Engineering 2017*. Braunschweig: Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, 2018.

##### Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151147>

##### Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de>



### **Allgemeine Entwicklung**

Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	7
Der internationale Landtechnikmarkt.....	13

### **Automatisierungstechnik**

Kommunikationssysteme.....	16
Logistik.....	23
Arbeitswissenschaft.....	34

### **Traktoren**

Gesamtentwicklung Traktoren.....	40
Motoren und Getriebe bei Traktoren.....	51
Reifen – Reifen/Boden-Verhalten.....	62
Hydraulik in Traktoren und Landmaschinen....	79
Fahrdynamik – Fahrsicherheit – Fahrerplatz..._	92

### **Bodenbearbeitungstechnik**

Bodenbearbeitungstechnik.....	103
-------------------------------	-----

### **Sätechnik**

Sätechnik.....	113
----------------	-----

### **Pflanzenschutz-, Dünge- und Bewässerungstechnik**

Pflanzenschutztechnik.....	124
----------------------------	-----

### **Halmguterntetechnik**

Halmgutmähen und Halmgutwerben.....	131
Halmgutbergung.....	143
Halmgutkonservierung.....	156

### **Technik für den Hackfruchtanbau**

Kartoffeltechnik.....	162
-----------------------	-----

### **Technik in der Tierhaltung**

Technik in der Schweinehaltung.....	177
Technik in der Geflügelhaltung.....	186

### **Agrartechnik in Tropen– und Transformationsländern**

Agrartechnik in Tropen und Subtropen.....	194
---	-----

### **Geschichte**

Historie der Antriebstechnik.....	204
150 Jahre landtechnisches Lehramt an der Universität Halle.....	219
75 Landtechnik-Tagungen, eine Erfolgsgeschichte.....	234

### **General Development**

Agricultural Environment.....	7
The Agricultural Machinery Market.....	13

### **Automation Engineering**

Communication Systems.....	16
Logistic.....	23
Farm Work Science.....	34

### **Tractors**

Agricultural Tractor Development.....	40
Tractor Engines and Transmission.....	51
Tyres - Tyre-Soil-Interaction.....	62
Hydraulic in Tractors and Agricultural Machinery.....	79
Ride Dynamics – Ride Safety – Driver's Place.....	92

### **Cultivation Technology**

Cultivation Technology.....	103
-----------------------------	-----

### **Sowing**

Seeding Technology.....	113
-------------------------	-----

### **Plant Protection, Fertilizing and Irrigation**

Plant Protection.....	124
-----------------------	-----

### **Crop Harvesting**

Mowing and Treatment of Hay.....	131
Crop Harvesting.....	143
Crop Preservation.....	156

### **Root Crop Engineering**

Potato Technology.....	162
------------------------	-----

### **Livestock Engineering**

Technologies for Pig Husbandry.....	177
Technologies for Poultry Husbandry.....	186

### **Agricultural Engineering in Tropic and Transformation Countries**

Agricultural Engineering in Tropics and Subtropics.....	194
--	-----

### **History**

History of power transmission technology....	204
150 Years Chair of Agricultural Engineering.....	219
75 Conferences on Agricultural Engineering, a Success Story.....	234



## **DLG-Agrifuture Insights: Geschäftslage der Landwirte deutlich verbessert, Innovationen bei Dünge- und Saattechnik im Fokus**

Dr. Achim Schaffner,  
Fachgebietsleiter Ökonomie, DLG e.V.

### **Kurzfassung**

Landwirte in Deutschland beurteilten im Jahr 2017 die aktuelle wirtschaftliche Lage deutlich besser als im vorhergehenden Jahr. Die Erwartungen an die Geschäftsentwicklung in den kommenden zwölf Monaten haben sich bei den Milchviehhaltern deutlich und bei den Marktflechterzeugern moderat aufgehellt. Die Investitionsneigung ist trotz des besseren Marktumfeldes im Vergleich zum Frühjahr stabil bei rund 43 Prozent. Einzig die Milchviehhalter planen deutlich mehr Investitionen. Die Marktflechterzeuger sind insbesondere an Innovationen bei der bedarfsgerechten Ausbringung von Mineral- und Wirtschaftsdüngern, bei der Drilltechnik für die Einzelkornsaat und an digitalen Karten für Ertragskartierung und die Steuerung ackerbaulicher Maßnahmen interessiert.

### **Schlüsselwörter**

Geschäftsklima, Investitionsbereitschaft, Innovationen, Landtechnik

## **DLG-Agrifuture Insights: Business environment of farmers improved; innovations in fertilization and seed technology in focus**

Dr. Achim Schaffner,  
Department Manager Agricultural Economics, German Agricultural Society

### **Abstract**

Farmers in Germany assess the current business situation in 2017 as significantly better compared to 2016. Expectations on business development brightened clearly for dairy farmers and are moderate for arable farmers. Willingness to invest remains stable despite the brightened assessment of the business situation. Only dairy farmers plan to invest clearly more compared to 2016. Arable farmers are interested in innovations in manure technology to bring nutrients tailored to the needs of the crops. Furthermore, they are looking for innovations in single corn seeding technology as well as in digital maps to use digitalisation in growing seeds.

### **Keywords**

Business climate, willingness to invest, innovations, farm equipment

## Aktuelle Geschäftslage: Landwirte deutlich zufriedener

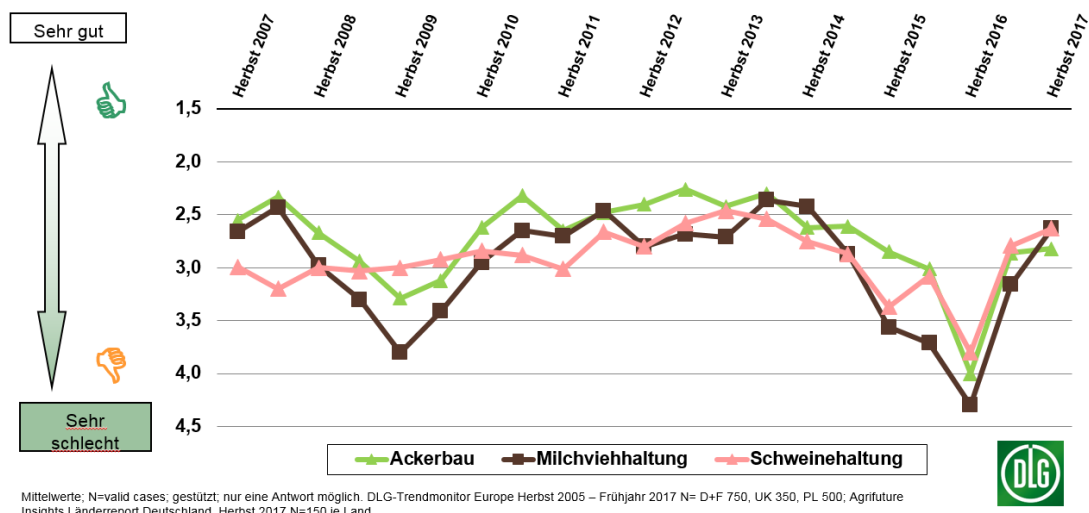
Die Geschäftsklimabefragung der Landwirte im Rahmen von DLG-Agrifuture Insights zeigt, dass die Landwirte in Deutschland mit der aktuellen Geschäftslage gegenüber dem Jahr 2016 deutlich zufriedener sind. Die Landwirte haben damit das Stimmungstief des Jahres 2016 hinter sich gelassen.

Im Vergleich der Frühjahrs- mit der Herbstbefragung zeigt sich bei den Marktfruchterzeugern keine Veränderung bei der Beurteilung der aktuellen Wirtschaftslage. Die globale Getreidernte hat insbesondere durch die Rekordernte in der Schwarzmeerregion zu einem Bestandsaufbau geführt. In diesem Umfeld sind größere Preisbewegungen ausgeblieben. Die Marktfruchterzeuger beurteilen die Geschäftslage deshalb als durchwachsen. Und auch wenn die Qualitäten nach der abgeschlossenen Ernte besser beurteilt werden als noch direkt in der Ernte, bleibt insbesondere für die Getreideexporteure in Deutschland die Konkurrenz auf dem Weltmarkt durch das große Angebot aus der Schwarzmeerregion intensiv. Darüber hinaus hat der gestiegene Wert des Euro EU-Ware verteuert und die Exporte gebremst.

Im Gegensatz dazu sind die Milchviehhalter deutlich zufriedener mit der aktuellen Geschäftslage als noch im Frühjahr 2017. Zwar ist die Wirtschaftslage der Milchviehhalter noch immer von dem lang anhaltenden Preistal geprägt, da die zusätzlich aufgenommenen Fremdmittel nun zurückgezahlt werden müssen. Dennoch führen die deutlich besseren Preise und die nun erreichte Kostendeckung zu der deutlich positiveren Beurteilung.

**Aktuelle Geschäftslage: Landwirte sind deutlich zufriedener**  
Antworten der Landwirte in Deutschland

**AGRI FUTURE**  
**INSIGHTS**



**Bild 1:** Beurteilung der aktuellen Geschäftslage von Landwirten in Deutschland.

**Figure 1:** Assessment of the current business situation of Germany's farmers.

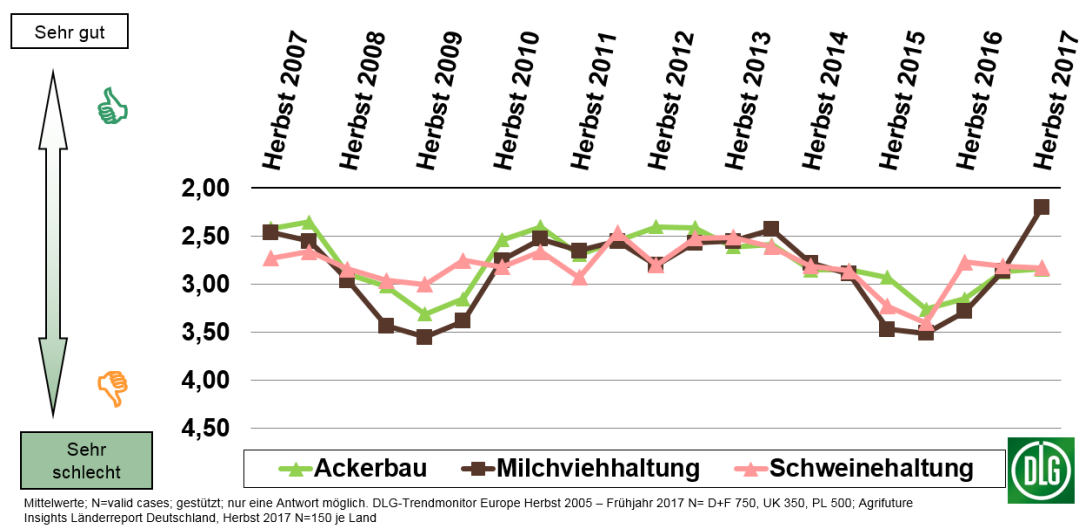
Auch die Schweinehalter beurteilen die Geschäftslage besser. Die feste Preistendenz bei den Schweinepreisen und die anhaltend niedrigen Preise für Futtermittel stützen die positive Beurteilung.

## Erwartungen an die Geschäftsentwicklung: Milchviehhalter zuversichtlicher, Schweinehalter und Marktfruchterzeuger unverändert zurückhaltend

Die Schweinehalter und Marktfruchterzeuger haben unveränderte Erwartungen an die Geschäftsentwicklung. Sie erwarten in den nächsten zwölf Monaten sich durchschnittlich entwickelnde Geschäfte. Die Aussichten auf weiterhin gut laufende Exporte, insbesondere nach China, haben sich eingetrübt, auch wenn die Preissteigerungen zur wertmäßigen Steigerung der Exporte geführt haben. Die physischen Exportmengen waren rückläufig. Zudem schwächt sich die Nachfrage Chinas aufgrund der dort steigenden Eigenerzeugung ab.

Erwartungen an die Geschäftsentwicklung:  
Milchviehhalter deutlich zuversichtlicher  
Antworten der Landwirte in Deutschland

**AGRI FUTURE<sup>®</sup>**  
**INSIGHTS**



**Bild 2:** Erwartungen an die Geschäftsentwicklung der kommenden zwölf Monate.

**Figure 2:** Expectations on farm business development for the upcoming twelve months.

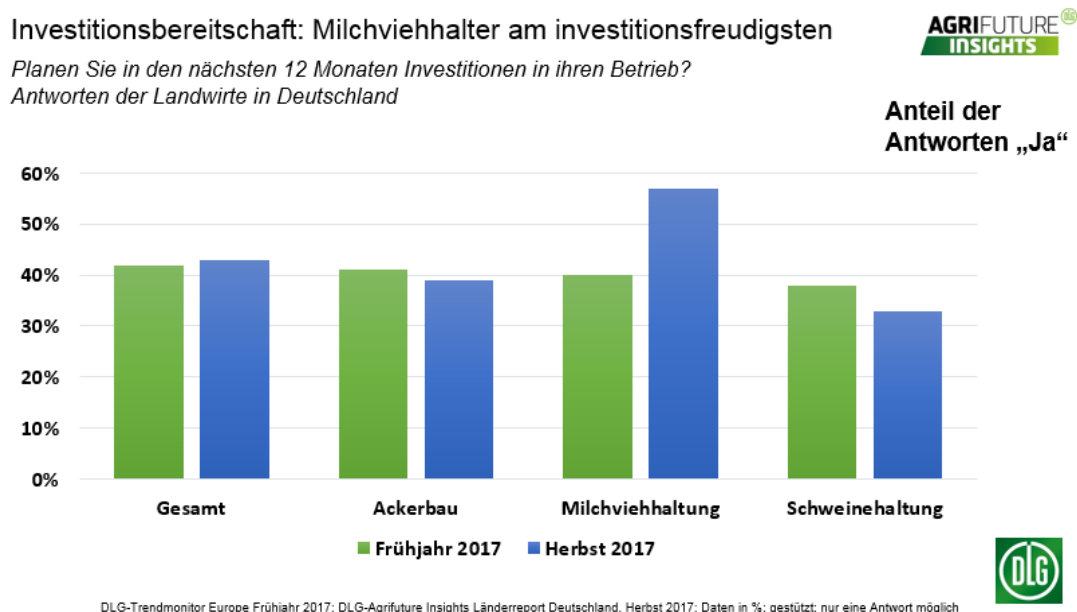
Neben der Rekordgetreideernte und der starken Konkurrenz auf den internationalen Getreidemärkten sorgen die von der EU abgeschafften Importzölle auf Biodiesel für neue Bedingungen auf dem Ölsaatenmarkt. Händler erwarten umfangreiche Importe von Biodiesel aus Argentinien, nachdem die Exporte von rund 1,5 Mio. t 2013 vollständig zum Erliegen gekommen waren. Offen war zudem, ob auch die Zölle auf Biodiesel aus Indonesien fallen, was zu zusätzlichem Preisdruck führen würde. Diese Gemengelage bestimmte die Geschäftsaussichten, denn die weltweit große Getreideernte und die Neuordnung auf dem Ölsaatenmarkt setzen die Preisentwicklungen des Jahres 2017/18 unter Druck. Dies gilt auch vor dem Hintergrund, dass die im Jahr 2017 geernteten Qualitäten weit besser waren als zunächst angenommen.

Die Milchviehhalter in Deutschland sind wieder deutlich zuversichtlicher für die Geschäftsentwicklung in den kommenden zwölf Monaten. Die Erwartungen haben sich mit den steigenden Milchpreisen deutlich aufgehellt. Die bessere Marktlage und die damit verbundene Stimmungsaufhellung basiert insbesondere auf der dynamischen Entwicklung bei den Käse-

exporten, die im Jahr 2017 auf ein Rekordergebnis zugesteuert waren. Gleiches gilt für die hohe Nachfrage nach Butter auf dem Inlandsmarkt.

### **Investitionsbereitschaft: Insgesamt stabile Investitionsneigung; Milchviehhalter mit überdurchschnittlichen Investitionsplänen**

Weiterhin zeigen die Ergebnisse von DLG-Agrifuture Insights, dass die Investitionsbereitschaft der Landwirte in Deutschland verglichen mit dem Frühjahr 2017 stabil ist. Die Trendwende bei den Erwartungen an die Geschäftsentwicklung haben die Investitionspläne der Betriebsleiter nicht so stark beflügelt. Eine Ausnahme sind die Milchviehhalter, deren Investitionsbereitschaft verglichen mit dem Frühjahr 2017 mit 17 Prozent deutlich auf nun 57 Prozent zugenommen hat.



**Bild 3:** Investitionsbereitschaft der Landwirte in Deutschland.

**Figure 3:** Farmer's willingness to invest in Germany.

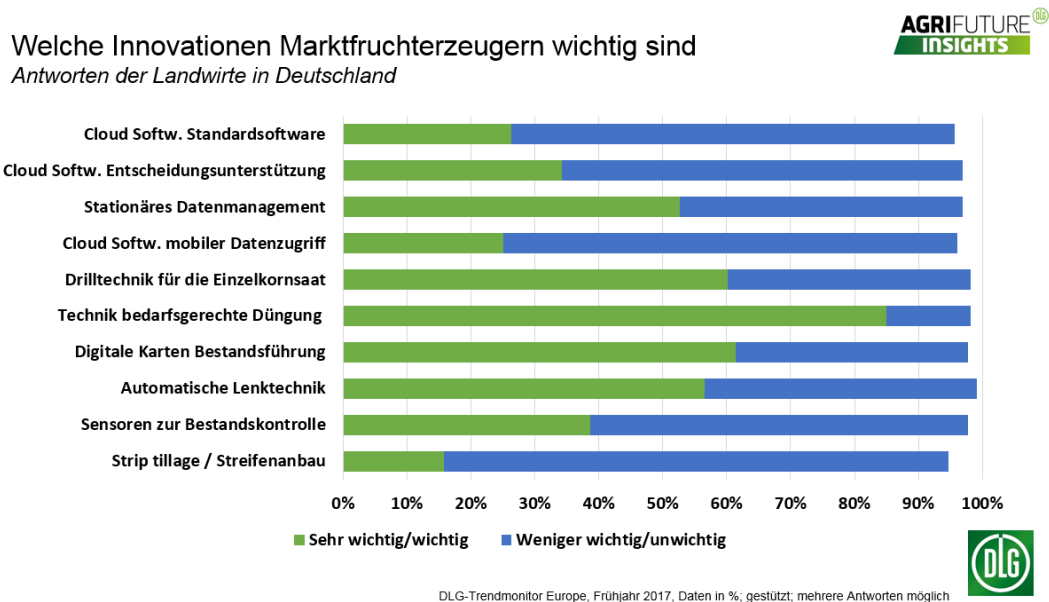
Hingegen ist die Investitionsbereitschaft im Ackerbau (39 Prozent) und in der Schweinehaltung (33 Prozent) im langjährigen Durchschnitt unterdurchschnittlich. Die Marktfruchterzeuger haben die positive Ertragslage der zurückliegenden Jahre für Investitionen genutzt. Der eingetretene Preisdruck führt dazu, dass die Sicherung der Zahlungsfähigkeit sowie der Abbau von "Luxusinvestitionen" für die Senkung von Produktionskosten im Jahr 2017 im Mittelpunkt standen.

### **Technikinnovationen im Ackerbau: Fokus auf bedarfsgerechter Düngung**

Die befragten Marktfruchterzeuger sind daran interessiert, mit Innovationen bei der Düngetechnik Nährstoffe gezielter auszubringen. Denn die Reform des Düngerechts erfordert mehr Effizienz im Nährstoffeinsatz, um die zulässigen Bilanzüberschüsse einzuhalten und gleich-



zeitig die möglichen Erträge realisieren zu können. Diese Erwartung wird ergänzt durch die Hoffnung auf Fortschritte bei digitalen Karten für die Bestandsführung. Denn die Nutzung von Ertragsdaten in Kombination mit Informationen über Nährstoffversorgung bezogen auf die jeweiligen Standorte kann Landwirte dabei unterstützen, effizienter zu düngen und Nährstoffverluste zu reduzieren.



**Bild 4:** Erwartungen von Marktfruchterzeugern an Innovationen in der Landtechnik.

**Figure 4:** Arable farmer's expectations on innovations in farm equipment.

In aller Munde ist die Digitalisierung der Landwirtschaft. Eine wichtige Rolle spielen cloudbasierte Lösungen, die die Handhabung von Software gegenüber stationären Anwendungen deutlich vereinfachen sollen. Die Beurteilung der Nutzung von Cloudsoftware fällt überaus heterogen aus. So beurteilt die Mehrheit der Landwirte Cloudsoftware sowohl für die Entscheidungsunterstützung als auch als Standardsoftware für den eigenen Betrieb bisher mehrheitlich als weniger wichtig bzw. unwichtig. Allerdings: Rund ein Drittel der Befragten hält Cloud Software für sehr wichtig bzw. wichtig für die Entscheidungsunterstützung. Zudem ist ein Viertel der Befragten der Meinung, dass Cloudsoftware als betriebliche Standardsoftware sehr wichtig bzw. wichtig ist - eine beachtliche Gruppe von Landwirten zeigt sich also offen dafür, cloudbasierte Software zu nutzen. Diese an der Cloud interessierten Landwirte könnten als "first mover" den Systemen den Weg in die breitere Anwendung ebnen.

## Zusammenfassung

Die Investitionsbereitschaft der Landwirte in Deutschland ist mit 43 Prozent gegenüber dem Jahr 2016 stabil. Im aktuellen Preisumfeld hat das Kostenbewusstsein der Marktfruchterzeuger zugenommen. Die Landwirte prüfen Investitionen intensiver auf deren Wirkung auf die Produktionskosten. Im Gegensatz zu Marktfruchterzeugern und Schweinehaltern wollen die Milchviehhalter im Jahr 2018 deutlich mehr investieren.

Für die Umsetzung der Vorgaben der novellierten Düngeverordnung erwarten die Landwirte Innovationen bei der Düngetechnik zur Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldünger. Denn die Landwirte wollen Nährstoffverluste reduzieren und gleichzeitig die Ertragspotenziale der Standorte weiter nutzen. Der Digitalisierungstrend zu Cloud Software wird bisher nicht von der Breite der Landwirte angenommen. Fragen der Datensicherheit und des Datenbesitzes sind ungeklärt und auch die Versorgung mit leistungsfähigen Funknetzen als Voraussetzung für die vollumfängliche Nutzung von Clouddiensten ist teils unzureichend.

## **Literatur**

- [1] DLG e. V.: DLG-Agrifuture Insights 2017 URL – <http://www.dlg.org/agrifuture-insights.html>

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Dr. Schaffner, Achim: DLG-Agrifuture Insights: Geschäftsklima der Landwirte deutlich verbessert; Innovationen bei Dünge- und Saattechnik im Fokus. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-6

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151217>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/landwirtschaftliche-rahmenbedingungen.html>

## **Die konjunkturelle Entwicklung der Landtechnikindustrie**

Philip Nonnenmacher,  
VDMA

### **Kurzfassung**

2017 konnte die Landtechnikindustrie am Standort Deutschland ihren Umsatz um 10 Prozent auf gut 7,9 Milliarden Euro steigern. Für 2018 rechnet der VDMA mit einem stabilen Wachstum.

### **Schlüsselwörter**

Landtechnikmarkt, Traktorenmarkt, Marktentwicklung, Geschäftsentwicklung, landwirtschaftliche Rahmenbedingungen, Preise für Agrarerzeugnisse, landwirtschaftliche Einkommen

## **Economic Development of the Agricultural Machinery Industry**

Philip Nonnenmacher,  
VDMA

### **Abstract**

In 2017, the agricultural machinery industry in Germany increased its turnover by 10 percent to 7.9 billion euros. For 2018, the VDMA expects stable growth.

### **Keywords**

Agricultural machinery market, tractor market, market development, business development, agricultural conditions, prices of agricultural products, agricultural income

## Die konjunkturelle Entwicklung der Landtechnikindustrie

Im Jahr 2017 konnte die Landtechnikindustrie am Standort Deutschland ihren Umsatz um 10 Prozent auf gut 7,9 Milliarden Euro steigern. Für 2018 rechnet der VDMA mit einem stabilen Wachstum.

### Turnover German Agricultural Machinery Industry

	2015	2016	2017	2017/16 Change
<b>Total turnover</b>				
Ag Machinery	3.942,5	3.860,9	4.213,4	+9,1%
Tractors	3.434,2	3.322,0	3.661,0	+10,2%
Total	7.376,6	7.182,9	7.874,4	+9,6%
<b>Germany</b>				
Ag Machinery	1.173,7	1.073,8	1.090,5	+1,6%
Tractors	871,8	783,9	925,3	+18,0%
Total	2.045,5	1.857,7	2.015,9	+8,5%
<b>Export</b>				
Ag Machinery	2.768,8	2.787,1	3.122,9	+12,0%
Tractors	2.562,4	2.538,1	2.735,7	+7,8%
Total	5.331,2	5.325,2	5.858,5	+10,0%

Values in million Euro for the total calendar year  
Source: VDMA Agricultural Machinery Association

**Bild 1:** Umsatz aus der Produktion am Standort Deutschland

**Figure 1:** Turnover of the Agricultural Machinery Industry in Germany

Ausgangsbasis für den Aufschwung im Jahr 2017 war zunächst ein allgemeiner Nachholbedarf, der auf eine lange Phase der Zurückhaltung folgte. Die wichtigsten Treiber waren eine deutlich verbesserte Lage auf den Milchmärkten sowie währungsbedingte Wettbewerbsvorteile der europäischen Landwirtschaft, dabei wiederum insbesondere der Milchindustrie. Entsprechend haben 2017 zunächst vor allem die milchnahen Produktsegmente einen deutlichen Beitrag zur Erholung geleistet.

Die Hauptursache des unerwartet starken Wachstums ist allerdings externer Natur: Im Segment der Traktoren, das wertmäßig den größten Anteil am Branchenumsatz ausmacht, führte eine ab Januar 2018 gültige EU-Verordnung, die sogenannte Mother Regulation, zum Jahresende europaweit zu einem außergewöhnlich hohen Anstieg der Tageszulassungen: Während in Frankreich und Italien Zuwächse von 107 beziehungsweise 118 Prozent verzeichnet wurden, kletterte die Zulassungskurve in Deutschland und Österreich um sagenhafte 293 beziehungsweise 312 Prozent nach oben. Dabei handelt es sich um Händlerzulassungen, die zwar noch nicht beim Kunden endverkauft, aber schon als Umsatz verbucht sind.

Dieser externe Effekt ist im Jahr 2018 als wichtiger Bremsfaktor zu beurteilen. Denn die betroffenen Maschinen stehen beim Händler für den Endverkauf in 2018 noch zur Verfügung und müssen zunächst (vermutlich durch entsprechend gute Angebote) abverkauft werden. Als Zulassungen und als Umsatz beim Hersteller tauchen die Endverkäufe dann nicht noch einmal auf. Daher werden die Zulassungen und die Umsätze in den ersten Monaten niedriger ausfallen, als es die Investitionsplanungen der Landwirte, die sich auf Endverkäufe beziehen, vermuten lassen würden.

Das Investitionsklima in Deutschland und Europa ist derweil laut Umfragen, trotz wieder sinkender Milchpreise (Iag der Kieler Rohstoffwert im September 2017 noch bei guten 42 Cent/kg, erreichte er im Januar 2018 nur noch einen Wert von 29 Cent/kg) und einem signifikant aufwertenden Euro (in den letzten 12 Monaten wertete der Euro gegenüber dem US-Dollar um 16 Prozent auf), nach wie vor gut.

So profitieren die Landwirte, insbesondere in milchwirtschaftlich geprägten Regionen, vorerst von einer deutlich verbesserten Liquiditätslage. Das Investitionsverhalten weist erfahrungsgemäß eine signifikante Korrelation mit der Einkommensentwicklung im vorangegangenen Jahr und den zurückliegenden drei Jahren auf. Im europäischen Durchschnitt ist das Einkommen laut ersten Schätzungen von Eurostat im Jahr 2017 um 8 Prozent und somit in den vergangenen drei Jahren um 2 Prozent gestiegen.

Als weitere Stütze dient das europäische Ausland. Das globale Marktvolumen ist 2017 real schätzungsweise um 4 Prozent angestiegen. 2018 dürfte der Anstieg, anders als in Europa, aller Voraussicht nach ähnlich hoch ausfallen.

Die positivsten Entwicklungen ergeben sich 2017 für Russland, Indien und Südamerika. Die zwei großen Märkte EU und China liegen 2017 ebenfalls im Plus. Russland, Indien und Brasilien scheinen ihren Höhepunkt jedoch mittlerweile bereits erreicht zu haben, wobei sich Russland und Indien voraussichtlich auf weiterhin verhältnismäßig hohem Wachstumsniveau halten werden können, während der brasilianische Markt seit Sommer wieder im Minus liegt. Die Aussichten für die Türkei sind trotz staatlicher Unterstützung und steigender Ernteerträge ebenfalls eher gedämpft. Auf der anderen Seite scheint es nur noch eine Frage der Zeit zu sein, bis der US-Markt aus der tiefen Rezession der letzten Jahre herauskommt. Europa befindet sich bereits mitten im Aufschwung. In Japan scheint die Talsohle ebenfalls überwunden zu sein und China dürfte sich weiter auf gutem Wachstumsniveau stabilisieren.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information****Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Nonnenmacher, Philip: Die konjunkturelle Entwicklung der Landtechnikindustrie. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-3

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151219>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/landtechnikmarkt.html>

---

## **Digitalisierung durch Kommunikationssysteme**

Jan Horstmann, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG, Spelle

### **Kurzfassung**

Moderne und leistungsfähige Kommunikationssysteme sind die Grundlage für die Digitalisierung in der Landwirtschaft und Landtechnik. Bereits das Motto der Agritechnica 2017 "Green Future - Smart Technology" [1] unterstreicht, dass smarte Lösungen ein anhaltender Entwicklungsschwerpunkt moderner Maschinen und Landtechnik sind. Der Markt für digitale Dienste, Services und Farm Management Informationssysteme wächst spürbar. Dabei steht die Prozessoptimierung für Landwirte und Lohnunternehmer im Fokus. Die Mehrzahl der Landtechnik-Hersteller verfolgt eine klare Strategie bei der Digitalisierung der Maschinen. Maschinendaten sollen barrierefrei nutzbar werden und im Farm Management System des Landwirts und Lohnunternehmers einen Beitrag zur effizienteren Landwirtschaft leisten und weitere Automatisierung ermöglichen. Bereits heute ist zu beobachten, dass viele Innovationen nur durch Digitalisierung und moderne Kommunikationssysteme ermöglicht werden.

### **Schlüsselwörter**

Smart Farming, Apps, Dienste, Telematik, Services, Farming 4.0, Internet of Things (IoT), Datenmanagement, Prozessoptimierung, ISOBUS, Software, offene Systeme, Agrirouter

## **Digitalisation with communication systems**

Jan Horstmann, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG, Spelle

### **Abstract**

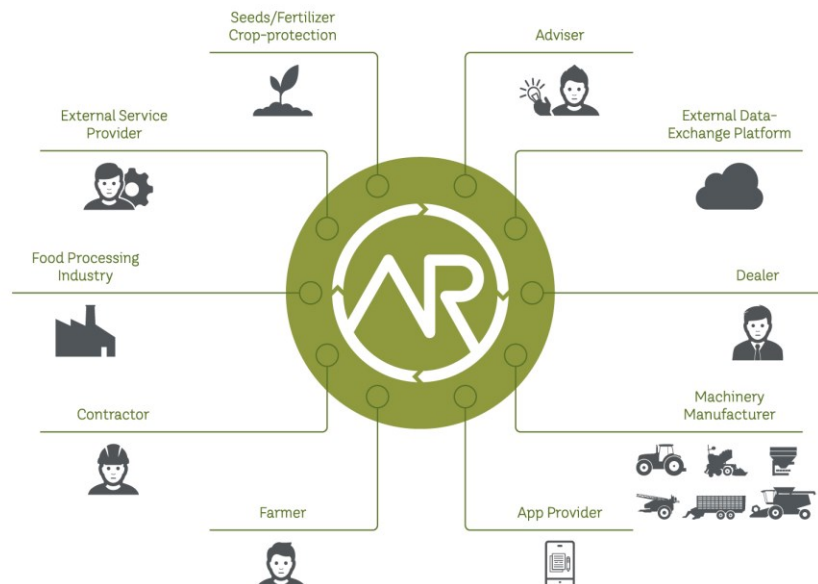
Modern and efficient communication systems build the basis of digitalisation in agriculture. The slogan "Green Future - Smart Technology" [1] at Agritechnica 2017 underlines smart digital solutions to be a continuous development focus of modern agricultural machines. The market of digital apps and services and farm management systems is growing dynamically. Process optimisation and automation for farmers and contractors are the main focus of development activities. Machine data build the basis of efficient agriculture. Already today, it is noticeable that a lot of innovative products are realized by the help of digitalisation and modern communication systems.

### **Keywords**

Smart Farming, apps, services, telematics, Farming 4.0, Internet of Things (IoT), ISOBUS, data management, process optimization, software, open systems, Agrirouter

## Technische Entwicklungen im Bereich der Kommunikationssysteme

Das Handlungsfeld Kommunikationssysteme ist ein breites Entwicklungsgebiet, in dem im abgelaufenen Jahr umfangreiche technische Innovationen zu beobachten waren. Hersteller von Landtechnik und landwirtschaftlicher Software beklagen seit einigen Jahren Inkompatibilitäten der Systeme. Landwirte und Lohnunternehmer fordern andererseits maximalen Datenschutz und Selbstbestimmung darüber, welche Daten aufgezeichnet und an welche Software sie weitergegeben werden. Dazu erfolgte die Entwicklung des agrirouter [2] der DKE-Data, um diese grundlegenden Probleme zu bewältigen. Ein Zusammenschluss aus zahlreichen Landtechnik-Herstellern hat eine Infrastruktur geschaffen, um die Vermittlung landwirtschaftlicher Daten an die unterschiedlichen Prozessbeteiligten und Systeme unter Steuerung des Landwirts zu realisieren.



**Bild 1:** Vernetzung der landwirtschaftlichen Akteure [2].

**Figure 1:** Network for agricultural partners [2].

Neben dem derzeit größten gemeinschaftlichen Projekt zum Datenmanagement ist der Ruf nach Digitalisierung der Landwirtschaft ungebrochen. Entwicklungen im Bereich der Automatisierung und die Vorstellung von Prototypen autonomer Fahrzeuge, Roboter und landwirtschaftlicher Drohnen führen dazu, dass Software eine weiter steigende Bedeutung erlangt. Gerade der Einsatz mannloser Fahrzeuge und Bearbeitungswerkzeuge stellt hohe Anforderungen an Kommunikationssysteme und Datenmanagement. Angefangen von der Auftragsplanung über die Status- und Zustandsüberwachung bis hin zur Fernsteuerung "over the Air" ist der Betrieb einer autonomen Bearbeitungseinheit nur mittels moderner Kommunikationssysteme möglich.

Neue Mobilfunkstandards, wie z. B. 5G [3], bilden einen Gegenpol zu Entwicklungen lokaler Kommunikationssysteme. Während bisher an lokaler Vernetzung von Maschinen mittels

infrastrukturloser Direktkommunikation gearbeitet wurde, wird die Einführung von 5G neue Effekte auf die Landtechnik haben. Zwar ist nach wie vor davon auszugehen, dass auch neue Mobilfunktechnologien den landwirtschaftlichen Raum nicht vollständig erschließen, aber die Mischung aus Infrastrukturbetrieb und Machine-to-Machine-Kommunikation mittels Mobilfunkmasten (lokal) schafft neue Möglichkeiten. Ein Anwendungsbeispiel ist die Warnung von PKW-Fahrern vor langsamen landwirtschaftlichen Fahrzeugen, die sich in Transportstellung auf den Straßen befinden.

Entwicklungen im Bereich des taktilen Internets und mobiler Kommunikationssysteme sind ebenso für die Erforschung und Entwicklung von landwirtschaftlichen Roboter-"Swarms" notwendig. Ausgewählte landwirtschaftliche Prozesse, die nicht zeit- bzw. leistungskritisch sind, könnten zukünftig von einer Vielzahl kleinerer autonomer Bearbeitungseinheiten durchgeführt werden. Diese Bearbeitungseinheiten müssen sich dann mittels taktilem Internet innerhalb von Millisekunden steuern und koordinieren lassen. Eine leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur ist in jedem Falle die Basis für weitere Prozessautomatisierung in der Landtechnik.

Enorme Entwicklungen finden im Bereich der mobilen Endgeräte statt. Während bisher oftmals nur die mobile Internetverbindung und die GPS-Positionsbestimmung genutzt wurden, entwickeln mittlerweile viele Hersteller landwirtschaftlicher Software nach responsivem Design, sodass sich herkömmliche Webseiten auf Smartphones wie native Apps verhalten. Weitergehend werden die Dienste und Apps vermehrt mit Bildern oder weiteren externen Daten angereichert. Als Technologien kommen vermehrt Bluetooth Beacons, Digitalbilder und selbstlernende Algorithmen mit künstlicher Intelligenz zum Einsatz. Erste Anwendungen analysieren z. B. Blattkrankheiten oder dokumentieren Arbeitsprozesse von Maschinen ohne Elektronik mittels Beschleunigungs-, Vibrations- und Geschwindigkeitsmessungen, kombiniert mit Smartphone-Daten [4].

Moderne Kommunikationssysteme ermöglichen die Entwicklung von Fernwartungslösungen, Hilfesystemen (z. B. für ISOBUS-Terminals), Maschinen-Einstellungs-Assistenten (z. B. für Mähdrescher) und neuartigen Services.

Diese Entwicklungen treiben den Wandel in Geschäftsmodellen voran. Während Maschinen bisher über Händler zum Endkunden verkauft wurden, werden digitale Lösungen und Dienste direkt vom Hersteller an Endkunden vermarktet. Die Vermarktung vom einmaligen Verkauf einer Maschine wandelt sich hin zu einer leistungsbezogenen Abrechnung von Dienstleistungen oder Maschineneigenschaften.

Die technischen Entwicklungsmöglichkeiten durch moderne Kommunikationssysteme und die Digitalisierung sind nahezu unbegrenzt. Diese Entwicklungen erfordern allerdings Umstrukturierungen heutiger Prozesse. In diesem Entwicklungsbereich stecken weiterhin enorme Optimierungspotenziale.



## **Handlungsfelder der Digitalisierung**

Im Jahr 2017 haben Lieferanten, Komponentenhersteller und Maschinenhersteller intensiv an der Digitalisierung ihrer Produkte gearbeitet. Die Handlungsfelder waren geprägt von folgenden Schwerpunkten:

- Connectivity,
- Webbasierte Dienste und Anwendungen,
- Security,
- Datenschutz,
- Big Data.

Im ersten Handlungsfeld, der Connectivity, gilt es die Maschinen und Traktoren mit einer mobilen Internetverbindung und Kommunikationsschnittstelle auszustatten. Dazu übermitteln die Maschinen die prägnanten Status- und Prozessinformationen an ein Telematik-Steuergerät, einen Bluetooth Beacon oder an ein mobiles Endgerät wie z. B. ein Tablet oder Smartphone. Von dort aus werden die Informationen an eine Agrar-Software übermittelt.

Im zweiten Handlungsfeld, den webbasierten Diensten und Anwendungen, erfolgt der Empfang der Maschinendaten, die Weiterverarbeitung und die Ableitung von Entscheidungsunterstützung für Landwirte und Lohnunternehmer. Von der einfachen Ackerschlagkartei bis hin zum komplexen Dienst zur Erstellung von Applikationskarten für die Düngung ist dieses Handlungsfeld geprägt von umfangreicher Software und mobilen Apps für Smartphones.

Das dritte Handlungsfeld, die Security, ist seit 2016 aus den Entwicklungsabteilungen der Hersteller nicht mehr wegzudenken. Moderne Kommunikationssysteme in Landmaschinen sollen sich eindeutig und fälschungssicher identifizieren können. An dieser Stelle hat sich 2017 unter der Leitung der Agricultural Industry Electronics Foundation, kurz AEF [5], eine Branchenlösung entwickelt. Mit Hilfe eines speziellen Security-Treibers, der in die Steuergeräte und Terminals der Maschinen integriert wird, lassen sich entsprechende Sicherheitsmechanismen etablieren. Diese Entwicklungen dienen der Branche als Basis um zukünftige Systeme, wie z. B. Tractor Implement Management (TIM) oder High-Speed ISOBUS, abzusichern. Dieses Handlungsfeld erlangt gerade mit der Ausbreitung von Connectivity eine steigende Bedeutung.

Datenschutz ist das vierte große Handlungsfeld, das die Hersteller derzeit bearbeiten. Im April 2018 tritt die neue Datenschutz-Grundverordnung [6] der Europäischen Union in Kraft. Diese neue Verordnung erhebt Ansprüche an die Verarbeitung und Speicherung von personenbezogenen Daten und gibt klare Hinweise zum Umgang mit maschinenbezogenen Daten. Die Hersteller überarbeiten aus diesem Grund die landwirtschaftliche Anwendungssoftware, um die neuen Maßgaben der Datenschutzverordnung erfüllen zu können. Um den vollumfänglichen Nutzen aus der Digitalisierung zu ziehen, gilt es mit den Methoden von Big Data und Business Analytik aus den Daten notwendige Informationen zu generieren und damit automatisiert Wissen und Handlungsempfehlungen bereitstellen zu können.

## Marktentwicklungen für digitale Lösungen

"Digitalisierung und Landwirtschaft 4.0 sind die Megatrends" [7] der aktuellen Zeit, so schreibt der Lohnunternehmen Trend-Report 2017. Bei Landwirten und Lohnunternehmern kommen vermehrt elektronische Lösungen zum Einsatz. Mittlerweile berichten 75% der Betriebe, dass der ISOBUS Einzug gehalten hat. Weitergehend sind GPS-gestützte Lenksysteme bei mehr als der Hälfte der Betriebe im Einsatz. Beachtlich ist, dass mittlerweile oftmals Korrektursignale für Lenksysteme mittels einer klassischen Mobilfunkverbindung über das Handynet bezogen werden. 86 % der Befragten berichten dabei von guter bis weitgehend flächendeckender Netzabdeckung. Moderne Kommunikationssysteme sind großflächig bei Landwirten und Lohnunternehmern im Einsatz.



**Bild 2:** Umfrage Digitalisierung und Landwirtschaft 4.0 [7].

**Figure 2:** Survey Digitalisation and Farming 4.0 [7].

Neben den Maschinenfunktionen zur Bedienung und zur Lenkung stellt sich die Frage nach dem Umgang mit Software, Apps und Diensten. Im Bereich der Lohnunternehmer setzen gemäß LU Trend-Report derzeit 34 % der Lohnunternehmer auf Software zur elektronischen Dokumentation von Feldarbeiten. Der Aufwärtstrend zum Einsatz von digitalen Lösungen ist ungebrochen.

Insbesondere im Marktsegment der Softwareanbieter für landwirtschaftliche Anwendungen ist derzeit eine hohe Dynamik festzustellen. Die klassischen Anbieter schwenken allesamt von PC-basierter Desktop-Software zu webbasierten Lösungen um. Die Anzahl der Softwarehersteller nimmt weiter zu. In der gesamten EU, aber auch in Nordamerika, steigt die Zahl der Unternehmen, die sich mit landwirtschaftlicher Software beschäftigen. Die Strategien der Anbieter sind dabei unterschiedlich. Einige Unternehmen zielen auf eine regional optimierte Ackerschlagkartei ab, während andere Unternehmen an Softwarelösungen, Apps, Diensten und Services für spezielle Aufgabenstellungen arbeiten.

Die Agritechnica 2017 zeigte, dass mittlerweile auch ausländische Hersteller von Softwarelösungen auf den europäischen Markt strömen. Weitergehend arbeiten Saatgut- und Pflanzenschutzmittelhersteller an Apps und Diensten, die den Landwirt bei seinen täglichen Arbeiten unterstützen. Ein prägnantes Beispiel ist eine neue Smartphone App, die zur Erkennung von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall genutzt werden kann.



**Bild 3:** App zur Analyse von Blattkrankheiten [8].

**Figure 3:** App for analyses of plant diseases [8].

Aufgrund der unterschiedlichen gesetzlichen Anforderungen, wie z. B. der Düngeverordnung, werden sich regionale Expertenlösungen entwickeln. Dienste und Apps werden zukünftig elementarer Bestandteil einer Maschine werden. Durch den Agrirouter, also die unabhängige und neutrale Datendrehscheibe, wird die Integration und Kombinatorik unterschiedlichster Maschinen und Softwarelösungen deutlich zunehmen. Moderne Kommunikationssysteme, Datenmanagement und Robotik ermöglichen zukünftig weitere Automatisierung.

### **Zusammenfassung**

Die rasante Entwicklung im Bereich der Kommunikationssysteme, der Digitalisierung und des Farming 4.0 setzt sich fort. Leistungsfähige Infrastrukturen, wie z. B. neue Mobilfunkstandards 4G/5G und lokale, infrastrukturlose Kommunikationsfunktionen mittels WLAN, bilden die Grundlage für Datenmanagement-Lösungen. Maschinen mit Telemetrie-Modulen, Terminals mit Online-Connectivity und moderne webbasierte landwirtschaftliche Anwendungssoftware ermöglichen die effiziente Planung, Steuerung und Nachkalkulation der landwirtschaftlichen Arbeiten. Datenschutz und Security sind mittlerweile durch gesetzliche Anforderungen fest verankert und herstellerübergreifender, neutraler und online-basierter Datenaustausch mit freier Selbstbestimmung für Landwirte und Lohnunternehmer umgesetzt.

Big Data und Business Analytik werden zukünftig erhebliche Verbesserungen der landwirtschaftlichen Prozesse ermöglichen. Diese digitalen Lösungen sind die Grundlage für die Entwicklung und den Betrieb neuer landwirtschaftlicher Bearbeitungsverfahren, von der Automatisierung über Drohnen und Feldschwärme bis hin zur weiteren Robotik.

Kommunikationssysteme und Datenmanagement tragen in den nächsten Jahren maßgeblich zur Optimierung der Landwirtschaft bei.

## **Literatur**

- [1] Grothues, P. DLG Service GmbH. URL – <https://www.agritechnica.com/de/> - Zugriff am: 11.12.2017.
- [2] Sonnen, J.; Möller, J. DKE-Data GmbH & Co. KG. URL – <https://my-agrirouter.com/startseite/> - Zugriff am: 14.12.2017.
- [3] Franchi, N.; Fitzek, F. und Fettweis, G.: Communication in Farming - A View into the future. Hannover, 11.11.2017.
- [4] Schramm, H.: Bayer CropScience Deutschland GmbH. URL – <https://agrar.bayer.de/Apps/Bestimmer/Schaedlinge> - Zugriff am: 14.12.2017.
- [5] Schlingmann, N. Agricultural Industry Electronics Foundation e.V. URL – <http://www.aef-online.org/home.html> - Zugriff am: 15.11.2017.
- [6] Logemann, T. Intersoft Consulting. URL – <https://dsgvo-gesetz.de/> - Zugriff am 04.12.2017.
- [7] Noordhof, J.: LU Trend-Report: Datenmanagement 2017. Beckmann Verlag. URL – <https://lu-web.de/redaktion/news/lu-trend-report-datenmanagement-2017-1/> - Zugriff am: 08.11.2017.
- [8] N.N.: BASF entwickelt App zur Blattanalyse von Getreidekrankheiten. BA SF SE. URL – <https://www.agrar.basf.de/agroportal/de/de/news/presse/basf-entwickelt-app-zur-blattanalyse-von-getreidekrankheiten-348416.html> - Zugriff am: 30.05.2017.

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Horstmann, Jan: Digitalisierung durch Kommunikationssysteme. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-7

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151400>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/kommunikationssysteme.html>

## Logistik

Prof. Dr. Heinz Bernhardt,

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Technische Universität München

### Kurzfassung

Die Logistik spielt für den Agrarsektor eine wichtige Rolle. Der Trend zu höheren Transportgeschwindigkeiten beim Traktor dürfte durch die Neubewertung der gewerblichen Aspekte bei Transporten von landwirtschaftlichen Lohnunternehmern gebrochen sein. Dies dürfte auch zu einer Veränderung bei Traktor und LKW für Transporte in der Landwirtschaft führen. Aktuell ist die Optimierung der Transportprozesse auf technischer Seite durch Leichtbau und Multifunktionalität der Fahrzeuge und auf organisatorischer Seite mit Datenaustausch und Simulationsmodellen zu erkennen. Die Digitalisierung führt auch in der Agrarlogistik zu deutlichen Veränderungen, die bis in die Vermarktung hinein reichen.

### Schlüsselwörter

Gewerblicher Transport, Umschlaglogistik, Datenlogistik

## Logistic

Prof. Dr. Heinz Bernhardt,

Agricultural Systems Engineering, Technical University of Munich

### Abstract

Logistics plays an important role for the agricultural sector. The trend towards higher tractor transport speeds has been broken by the revaluation of commercial aspects in the transport of agricultural contractors. This should also lead to a change in tractor and truck for transport in agriculture. Currently the optimization of the transport processes can be recognized. On the technical side, this is achieved by lightweight construction and multi-functionality of the vehicles. On the organizational side, this can be recognized by data exchange and simulation models. Digitization is also leading to significant changes in agricultural logistics, which extend into marketing.

### Keywords

Commercial transport, handling logistics, data logistics

## Entwicklung der Rahmenbedingungen

In den letzten Jahren war in der Agrarlogistik ein Trend hin zu größer und schneller zu beobachten. Vielfach wurden dazu die Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Ausnahmegenehmigungen im Straßenverkehrs- und Güterkraftverkehrsrecht deutlich genutzt [1]. Dies scheint sich nun zu ändern. Mit der geänderten Interpretation des Güterkraftverkehrsgesetzes (GüKG) durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2017 fallen nun auch Transporte, die im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Dienstleistungen von Lohnunternehmern für Landwirte erbracht werden, unter die rechtlichen Regelungen des Gesetzes [2]. Hierzu zählt zum Beispiel auch der Transport von Grüngut mit dem Ladewagen vom Feld zum Lager. Nach einer Übergangsfrist bis zum 31. Mai 2018 unterliegen alle gewerblichen Transporte in der Landwirtschaft der Erlaubnispflicht des GüKG und den entsprechenden rechtlichen Regelungen für Fahrer und Fahrzeug [3].

Nach den Sozialvorschriften zum Straßenverkehr sind alle Fahrzeuge mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit bis 40 km/h von den Lenk- und Ruhezeiten und somit vom Kontrollgerät befreit (VO (EG) Nr. 561/2006 Art. 3 Buchst. b) [4]. Außerdem sind landwirtschaftliche Fahrzeuge im geschäftsmäßigen Güterverkehr mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von maximal 40 km/h von der Maut auf Autobahnen und Bundesstraßen befreit (BFStrMG §1, Abs.2) [5]. Diese Regelungen führen dazu, dass eine Reduktion der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit auf 40 km/h für Lohnunternehmer immer attraktiver wird [6].

## Transportfahrzeuge

### *Zugmaschine*

Im Bereich der Ackerschlepperreifen zeichnet sich die Entwicklung ab, dass hier dem immer höheren Straßenfahrtanteil von Traktoren im Transport durch die Weiterentwicklung des Systems Fahrwerk und Reifen Rechnung getragen wird. Reifendruckregelungsanlagen gehören inzwischen bei immer mehr Traktoren zur Grundausstattung und werden in die Maschine integriert [7]. Die Reifentechnologie passt sich an diese Entwicklung an und bietet Reifen an, die sich bei den verschiedenen Innendrücken optimal an die Oberfläche anpassen [8] und unterschiedliche Fahrprofile [9] bereitstellen. Der von Michelin vorgestellte ROADBIB löst das klassische AS-Profil in einzelne Profilblöcke auf und integriert so Aspekte des MPT-Profiles. Hierdurch sollen eine größere Laufruhe und Haltbarkeit des Reifens erreicht werden [9; 10].

### *Anhänger*

In der Anhängertechnik ist ein eindeutiger Trend zum Leichtbau zu erkennen [11]. Im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten wird kontinuierlich an der Erhöhung der Nutzlast gearbeitet. Weiterhin verbreiten sich elektronische Steuerungen auch immer mehr im Anhängerbau. Neben Wiegesystemen und GNSS-geregelten Dokumentationseinheiten, werden Achs- und Federungssysteme immer öfter elektronisch geregelt. [12 bis 14]

Nachdem in den letzten Jahren vermehrt Sonderfahrzeuge für den kombinierten Transport von Schüttgütern und Flüssigkeiten, meist für Maissilage und Gülle, angeboten wurden, gibt es nun Lösungen, die in Standard Muldenkipper oder Sattelaufleger integriert werden können. Dabei wird ein Transportsack mit fester Rückwand angeboten, in die die Anschlüsse und Pumpaggregate integriert sind [15]. Hierdurch ist es möglich, die Auslastung der Fahrzeuge zu erhöhen und die Anzahl der Spezialfahrzeuge zu verringern.

### Umschlagtechnik

In der Agrarlogistik zeichnet sich der Trend zu immer mehr gebrochenen Transporten ab, da diese mehr Pufferkapazitäten für das System ermöglichen.



**Bild 1:** Mobiles Verladesystem für Kartoffeln (Kartoffelmaus) [16]

**Figure 1:** Mobile loading system for potatoes (Kartoffelmaus) [16]

Bei Stärkekartoffeln wird zur Optimierung der Rodekosten, ähnlich wie bei der Zuckerrübe, eine fabrikorganisierte Mietenabfuhr angestrebt [17; 18]. Dazu sind Verladesysteme notwendig, die die Kartoffelmiete gutschonend aufnehmen und auf LKWs für den Langstreckentransport verladen können (**Bild 1**).

Auch beim Erntesystem Ladewagen gibt es nun ein Angebot für den gebrochenen Transport. Wie Untersuchungen schon länger zeigen ist der Ladewagen besonders bei längeren Transportstrecken benachteiligt, da Pick-Up und Schneideinrichtung während dieser Zeit unproduktiv sind und somit der Ladewagen seine Vorteile in Leistungs- und Dieselbedarf gegenüber dem Feldhäcksler im Grünland nicht voll ausspielen kann. Das System Büffel von Fliegl (**Bild 2**) kombiniert nun Pick-Up und Schneideinrichtung mit einem kleinen



Zwischenbunker und einem Überladeband. Dieses Fahrzeug arbeitet damit kontinuierlich auf dem Feld und überlädt auf eine separate Transportkette [19; 20].



**Bild 2:** Überladesystem "Büffel" [19]

**Figure 2:** Loading System "Büffel" [19]

Auch im Bereich der Guteigenschaften gibt es Untersuchungen, um hier den Umschlag zu optimieren. Beispiele sind hierfür die Entmischungseigenschaften von Dünger [21], Ladeeigenschaften von Zuckerrohr [22] oder die Separierung von Biogasgülle [23].

### Informationstechnologie in der Agrarlogistik

Digitalisierung und Smart Farming ziehen sich als Trends durch den gesamten Agrarbereich und verändern auch die Agrarlogistik. Dies reicht von rein technischen Aspekten über die Datenerfassung und den Datenaustausch zu Simulationsmodellen und bis zur autonomen Datenkommunikation mit Dritten.

#### *Datenerfassung*

Durch die allgemeine Entwicklung zu Internet of Things (IoT) ist das Angebot an kleinen, kostengünstigen Sensoren und Recheneinheiten stark angestiegen. Hierdurch ist es möglich, auch eine große Anzahl von Transporteinheiten günstig in den Datenstrom einzubinden und nicht mehr nur die Leitmaschinen wie Feldhäcksler, Mähdrescher oder Traktor [24 bis 27].

Als Einstiegssysteme zur Dokumentation von Transportarbeiten dienen dabei Applikationen auf dem Smartphone. Sie nutzen dabei die im Smartphone bereits integrierte Sensor- und Sendetechnik, um Transporte automatisch zu dokumentieren [28]. Die nächste Stufe sind



kombinierte Systeme, bei denen eine separate Sensorbox über Bluetooth und GSM mit dem Internet und dem Smartphone kommuniziert [29].

Der COUNTER SX von Fliegl ist eine kleine autarke Datenerfassungseinheit auf der Maschine (Bild 3). Sie verfügt über die Funktechnologien Bluetooth und Sigfox sowie 3D-Sensoren und GNSS. Durch entsprechende Auswertung der im Beacon integrierten 3D-Beschleunigungs- und Neigungssensoren können Bewegungsabläufe der Maschinen analysiert und durch Algorithmen verschiedensten Prozesse zugeordnet und dokumentiert werden [19; 30].



**Bild 3:** Fliegl Counter [19]

**Figure 3:** Fliegl Counter [19]

In diesem System wird das Datenfunknetzwerk Sigfox als kostengünstige, ständige Internetverbindung mit niedrigem Energiebedarf genutzt, die eine mobilfunkunabhängige automatische Kommunikation zwischen den Maschinen und landwirtschaftlichem Betrieb ermöglicht. Sigfox ist neben LoRaWAN eines von mehreren Niedrigenergie-Funknetzen in Europa [31 bis 35]. Die Netzabdeckung ist dabei in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich. LoRaWAN ist z.B. in der Schweiz flächendeckend vorhanden, während Sigfox in Tschechien und Spanien stark verbreitet ist. In Deutschland haben alle Netze noch relativ große Lücken [31; 32]. Der Vorteil dieser Netze ist, dass so auch Transporteinheiten einfach in das Netz integriert werden können und somit die elektronische Dokumentation auf dem Transport für Qualitätsmanagementsysteme gewährleistet werden kann.

#### *Datenaustausch*

Da bei vielen Landwirten der Punkt Datenschutz noch sehr kritisch bei der Digitalisierung gesehen wird, sind sicherere und geregelte Datenaustauschsysteme für die weitere Umsetzung der Digitalisierung in der Agrarlogistik unabdingbar [36 bis 39].

Eine Möglichkeit dieser universellen Datenaustauschplattformen für landwirtschaftliche Daten ist der agrirouter von DKE Data. Damit sollen Landmaschinen und Agrarsoftware herstellerübergreifend miteinander verbunden werden. Der Nutzer legt dabei fest, wer mit wem wie lange welche Daten austauschen soll. So können z.B. Daten von Ernte und Transport von Brotgetreide bereits während des Vorgangs an den Landhandel gemeldet werden, um hier für beide Seiten Wartezeiten zu verringern. Das System speichert dabei keine Daten, sondern regelt nur die Weiterleitung und die Nutzungsrechte [40]. Teilaspekte dieses Systems werden auch von anderen Anbietern im Rahmen von Farmmanagementsystemen angeboten [29; 41].



**Bild 4:** Claas Large Vehicle Alert System [42]

**Figure 4:** Claas Large Vehicle Alert System [42]

Einen Schritt außerhalb der reinen Agrartechnik stellt das Large Vehicle Alert System dar (**Bild 4**). Agrarlogistik findet meistens auch im öffentlichen Verkehrsraum statt, weshalb es zu Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern kommt. Für viele Autofahrer sind große Erntemaschinen oder Transporteinheiten nur schlecht einzuschätzen und möglicherweise auch beängstigend. Das Verkehrssicherheitssystem von Claas informiert die Fahrer vernetzter Automobile vorrausschauend über Position und Status von landwirtschaftlichen Maschinen auf ihrer Strecke. Dafür wird der Standort der Landmaschinen aus den Telemetrie Daten an die Assistenzsysteme anderer Verkehrsteilnehmer übermittelt. Durch den offenen Datenstandard können verschiedenste Navigationssysteme auf die Daten zugreifen und somit Vorinformationen bereitstellen, um kritische Verkehrssituationen zu verhindern [30; 42].

### *Logistiksimulation*

Der Bereich Logistiksimulation entwickelt sich in den letzten Jahren kontinuierlich weiter. Ein grundlegendes Problem von Simulationsmodellen im Agrarbereich ist die gegenüber Simulationsmodellen im Industriebereich große Anzahl externer Einflussfaktoren. Durch die Weiterentwicklung von Telemetrie Systemen und mobiler Datenerfassung gelingt es aber über Big Data und Data Analytics immer besser diese, durch umfangreiche Testdaten, in die Modelle zu integrieren [43; 44]. Die Logistikplanung für mehrstufige Ernteprozesse über agentenbasierte Modelle ist somit mit hoher Präzision möglich [45 bis 48]. Auch Spezialfragen wie z.B. Biomasselogistik [49], Nährstofflogistik [50] oder Transportenergiebedarf [51; 52] können mit Logistiksimulationen gelöst werden. Die Modelle verketteten sich inzwischen bis in den Vermarktungsbereich [53].

Im Bereich der Infieldlogistik zeigt sich, dass neben den ökonomischen Aspekten auch soziale und ökologische Aspekte für die an die Wünsche des Betriebsleiters angepassten Simulationsmodelle entscheidend sind [54 bis 56].

### **Zusammenfassung**

Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass der landwirtschaftliche Logistiksektor einer kontinuierlichen Weiterentwicklung unterworfen ist. Die Digitalisierung setzt sich dabei immer weiter durch. Da Datenerfassung und -verarbeitung immer kostengünstiger und einfacher wird, entwickeln sich Simulationsmodelle zu einem bedeutenden Bestandteil der Logistikplanung. Dies schafft auch Möglichkeiten für neue Angebote auf dem Markt. Auf technischer Seite werden Logistiksysteme weiter optimiert und noch bestehende Systemlücken geschlossen.

## Literatur

- [1] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens Bruhns, URL - <http://www.bruhns-karstaedt.de> - Zugriff am 12.2.2018.
- [2] Bundesamt für Güterverkehr: Unterliegen Beförderungen durch landwirtschaftliche Lohnunternehmer der Erlaubnispflicht nach § 3 GüKG?, URL - [https://www.bag.bund.de/SharedDocs/FAQ/DE/Gueterkraftverkehr/Erlaubnispflicht\\_Befoerderungen\\_durch\\_landwirtschaftliche\\_Lohnunternehmer.html](https://www.bag.bund.de/SharedDocs/FAQ/DE/Gueterkraftverkehr/Erlaubnispflicht_Befoerderungen_durch_landwirtschaftliche_Lohnunternehmer.html) - Zugriff am 12.2.2018.
- [3] Vaupel, M.: Alle Transporte im Lohnunternehmen sind gewerblich - Übergangsfrist um ein Jahr verlängert!, URL - <https://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/28328.html> - Zugriff am 12.2.2018.
- [4] N.N.: Verordnung (EG) Nr. 561/2006 des Rates zur Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßenverkehr und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 3821/85 und (EG) Nr. 2135/98 des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 3820/85 des Rates.
- [5] N.N.: Bundesfernstraßenmautgesetz vom 12. Juli 2011 (BGBl. I S. 1378), das zuletzt durch Artikel 21 des Gesetzes vom 14. August 2017 (BGBl. I S. 3122) geändert worden ist.
- [6] Vaupel, M.: Gesetzliche Regelungen, Bauernblatt, 18. Februar 2017, 38-39.
- [7] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens AGCO Fendt, URL - <http://www.fendt.com> - Zugriff am 12.2.2018.
- [8] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens Vredestein, URL - <http://www.vredestein.de/agricultural> - Zugriff am 12.2.2018.
- [9] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens Michelin, URL - <http://www.michelin.de> - Zugriff am 12.2.2018.
- [10] Vervaet, P.; Gandillet, M.: '2 in 1 tire' Technology to allow Maximal Efficiency of the Transmission Chain in both Road and Field Usage, VDI-MEG LandTechnik 2017 Hannover November 2017, Düsseldorf: VDI-Verlag 2017.
- [11] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens Annaburger, URL - <http://www.annaburger.de> - Zugriff am 12.2.2018.
- [12] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens BPW Bergische Achsen, URL - <http://www.bpwagrar.com> - Zugriff am 12.2.2018.
- [13] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens Benzberg, URL - <http://www.benzberg.at> - Zugriff am 12.2.2018.
- [14] N.N.: Hart im Nehmen, Mobile Maschinen (2017) 6, 34-35.
- [15] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens Huesker, URL - <http://www.huesker.de> - Zugriff am 12.2.2018.
- [16] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens Palandt Agrartechnik, URL - <http://www.palandt-agrartechnik.de> - Zugriff am 12.2.2018.

- [17] Peters, R.: Kartoffelanbau: Technik und Pflanzenbau rücken enger zusammen, URL - [https://www.agritechnica.com/es/presse-service/#!/news/kartoffelanbau-technik-und-pflanzenbau-ruecken-enger-zusammen\\_59c9faf0](https://www.agritechnica.com/es/presse-service/#!/news/kartoffelanbau-technik-und-pflanzenbau-ruecken-enger-zusammen_59c9faf0) - Zugriff am 12.2.2018.
- [18] Wulf, B.: Erntelogistik bei der Lose- und Kistenlagerung von Kartoffeln, Kartoffelbau (2017), 5, 40-47.
- [19] N.N.: Internetauftritt der Firma Fliegl, URL - <http://www.fliegl-agrartechnik.de> - Zugriff am 12.2.2018.
- [20] Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft: Innovations Magazin Agritechnica 2017, Frankfurt/Main, 2017.
- [21] Pichler, J.; Moitzi, G.; Hofmair, W.; Gronauer, A.: Entmischung von Mineralmischdünger im Schüttkegel und bei unterschiedlichen Logistiksystemen, Landtechnik (2017) 1, 23-36.
- [22] Abdel-Mawla, H. A.: Characteristics of locally fabricated sugarcane grab loaders related to transport vehicles, CIGR Journal (2016) 4, 30-39.
- [23] Oechsner, H.; Ruile, S.: Lagerbedarf reduzieren, DLG-Mitteilungen (2017) 5, 54-56.
- [24] Clasen, M.: Farming 4.0 und andere Anwendungen des Internet der Dinge. In: Ruckelshausen, A., Meyer-Aurich, A., Rath, T., Recke, G. & Theuvsen, B. (Hrsg.), Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2016. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 33-36.
- [25] Angappa Gunasekaran, N.; Bo, Y.; Chang, Y.; Chenxu, K.; Xingchao, Y.: Information sharing in supply chain of agricultural products based on the Internet of Things. In: Industr Mngmnt & Data Systems 116 (7), 1397–1416. DOI: 10.1108/IMDS-12-2015-0512, 2016.
- [26] Nachiappan, A.G.; Bo, Y.; Chang, Y.; Chenxu, K.; Xingchao, T.: Information sharing in supply chain of agricultural products based on the Internet of Things. In: Industr Mngmnt & Data Systems 116 (7), S. 1397–1416. DOI: 10.1108/IMDS-12-2015-0512.
- [27] Polster, M.: Cyber-physische Systeme in der Primärerzeugung von Agrarprodukten, 38. GIL-Jahrestagung 2017, 121-124, Dresden: GIL 2017.
- [28] N.N.: Internetauftritt des Unternehmens farmdok GmbH, URL - <http://www.farmdok.com> - Zugriff am 12.2.2018.
- [29] N.N.: Internetauftritt der Firma 365Farmnet, URL - <https://www.365farmnet.com> - Zugriff am 12.2.2018.
- [30] N.N.: Innovation Award Agritechnica 2017 - Neuheiten Magazin Agritechnica 2017. Hrsg.: Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft, Frankfurt, 2017.
- [31] N.N.: Internetauftritt der Firma Sigfox, URL - <http://www.sigfox.com> - Zugriff am 12.2.2018.
- [32] N.N.: Internetauftritt der Firma Lora Alliance, URL - <http://www.lora-alliance.org> - Zugriff am 12.2.2018.

- [33] Khutsoane, O.; Isong, B.; Abu-Mahfouz, A.M.: IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN, In: IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Beijing, 2017, pp. 6107-6112. DOI: 10.1109/IECON.2017.8217061.
- [34] Civelek, C.: Low Power Wide Area Network (LPWAN) and Internet of Things Adaptation in Agricultural Machinery, Sch J Agric Vet Sci 2017; 4(1):18-23, DOI: 10.21276/sjavs.2017.4.1.4.
- [35] Vatcharatiansakul, N., Tuwanut, P., Pornavalai, C.: Experimental performance evaluation of LoRaWAN. A case study in Bangkok. In: 2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). 2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). NakhonSiThammarat, Thailand, 12.07.2017 - 14.07.2017: IEEE, S. 1–4.
- [36] Haase, M.; Kluge, V.: Rechtliche Bewertung der zunehmenden Informationsverarbeitung in der digitalisierten Landwirtschaft, 37. GIL-Jahrestagung 2017, 65-68, Dresden: GIL 2017.
- [37] Schroeter, J.; Angermair, W.; Pauli, S.: Real-Time View and Documentation of Manufacturer Independent Machine Data, VDI-MEG LandTechnik 2017 Hannover November 2017, Düsseldorf: VDI-Verlag 2017.
- [38] Möller, J.; Sonnen, J.: Datenmanagement in Landwirtschaft und Landtechnik, 36. GIL-Jahrestagung 2016, 133-136, Osnabrück: GIL 2016.
- [39] Sonnen, J.; Möller, J.: The Technical Concept of a Manufacturer-Independent web-based Data Exchange Platform for the Agricultural Sector, VDI-MEG LandTechnik 2017 Hannover November 2017, Düsseldorf: VDI-Verlag 2017.
- [40] N.N.: Internetauftritt der Firma DKE Data, URL - [https:// http://www.dke-data.com/](https://http://www.dke-data.com/) - Zugriff am 12.2.2018.
- [41] N.N.: Internetauftritt der Firma Nextfarming, URL - <https://www.nextfarming.de> - Zugriff am 12.2.2018.
- [42] N.N.: Internetauftritt der Firma Claas, URL - <https://www.claas.de> - Zugriff am 12.2.2018.
- [43] Warkentin, H.; Steckel, T.; Maier, A.; Bernardi, A.: Verbesserung mobiler Arbeitsprozesse mit Methoden von Big Data und Data Analytics, 37. GIL-Jahrestagung 2017, 161-164, Dresden: GIL 2017.
- [44] Deeken, H.; Krampe, F.; Steckel, T.: Verbesserung logistischer Prozesse durch Dezentralisierung von Entscheidungen, 37. GIL-Jahrestagung 2017, 41-44, Dresden: GIL 2017.
- [45] Steckel, T.: Entwicklung einer kontextbasierten Systemarchitektur zur Automatisierung von informationstechnischen Prozessen beim Einsatz mobiler Arbeitsmaschinen, Dissertation Universität Stuttgart Hohenheim, 2018.
- [46] Wörz, S.: Entwicklung eines Planungssystems zur Optimierung von Agrarlogistik Prozessen, Dissertation Technische Universität München, 2017.

- [47] Lamsal, K.; Jones, P.; Thomas, B.: Harvest logistics in agricultural systems with multiple, independent producers and no on-farm storage. In: Computers & Industrial Engineering 91, S. 129–138. DOI: 10.1016/j.cie.2015.10.018.
- [48] Nourbakhsh, S.; Bai, Y.; Maia, G.; Ouyang, Y.; Rodriguez, L.: Grain supply chain network design and logistics planning for reducing post-harvest loss. In: Biosystems Engineering 151, S. 105–115. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.08.011.
- [49] Lin, T.; Rodriguez, L.; Davis, S.; Khanna, M.; Shastri, Y.; Grift, T.; Long, S.; Ting, K.: Biomass feedstock preprocessing and long-distance transportation logistics, GCB Bioenergy (2016) 8, 160–170.
- [50] Auburger, S.; Bahrs, E.: GIS basierte Modellierung von Transportdistanzen für Wirtschaftsdünger im Kontext der zu novellierenden Düngeverordnung, 36. GIL-Jahrestagung 2016, 21-24, Osnabrück: GIL 2016.
- [51] Wörz, S.; Bernhardt, H.: A Novel Method for Optimal Fuel Consumption Estimation and Planning for Transportation Systems. In: Energy, Volume 120, 1 February 2017, Pages 565-572.
- [52] Heizinger, V.; Mederle, M.; Huber, S.; Bernhardt, H.: Abschätzung des Kraftstoff-Einsparpotentials in der Infield-Logistik bei der Ernte von Biomasse, 36. GIL-Jahrestagung 2016, 65-68, Osnabrück: GIL 2016.
- [53] Straube, F.; Figiel, A.; Nitsche, B.: Akteursübergreifende Lösungen für die Lebensmittellogistik von morgen. In: WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium 46 (7-8), S. 11–16. DOI: 10.15358/0340-1650-2017-7-8-11.
- [54] Wörz, S.; Mederle, M.; Heizinger, V.; Bernhardt, H.: A novel approach to piecewise analytic agricultural machinery path reconstruction. In: Engineering Optimization 60 (1), 2017, S. 1–24. DOI: 10.1080/0305215X.2017.1289742.
- [55] Mederle, M.; Bernhardt, H.: Analysis of influencing factors and decision criteria on Infield-Logistics of different farm types in Germany, CIGR Journal (2017) 2, 139-148.
- [56] Mederle M.; Bernhardt, H.: Influences and Decision Criteria on Infield-logistics in German Agricultural Farms, In: CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, Vol. 58, July 2017, pp. 307-312, DOI:10.3303/CET1758052.

---

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Bernhardt, Heinz: Logistik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-11

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151415>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/logistik.html>

---

## Arbeitswissenschaft

Prof. Dr. habil. Matthias Schick,

Kanton Zürich, Baudirektion, Strickhof, Fachstellen und Dienstleistungen

### Kurzfassung

Die arbeitswissenschaftliche Forschung verändert sich inhaltlich im Kontext zur zunehmenden Digitalisierung. Die dritte industrielle Revolution hat in der landwirtschaftlichen Praxis mittlerweile Einzug gehalten. Dadurch wird der Landwirt bei der Datenerfassung und der Informationsanalyse entlastet, bei der Entscheidungsfindung unterstützt und bei der Ausführung noch präziser. Die Entwicklungen im Kontext der vierten industriellen Revolution sollen im Rahmen eines Systemansatzes zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette beitragen. Durch den Einbezug zeitgemäßer, benutzerfreundlicher und fehlertoleranter Sensor-Sensor-Aktor-Kombinationen und die intelligente sowie zeitnahe Verbindung benutzereigener mit öffentlichen Daten werden neue Perspektiven für eine effiziente und effektive Unternehmensführung eröffnet.

### Schlüsselwörter

Arbeitszeit, Arbeitsbelastung, Digitalisierung, Smart Farming, Systemansatz, Schwachstellenanalyse, Arbeitsorganisation, Arbeitssicherheit, Betriebsführung, Unternehmensführung

## Farm Work Science

Prof. Dr. habil. Matthias Schick,

Kanton Zürich, Baudirektion, Strickhof, Fachstellen und Dienstleistungen

### Abstract

The content of work science research is changing in the context of increasing digitization. The third industrial revolution has meanwhile taken hold in agricultural practice. This relieves the farmer of data collection and information analysis, supports decision-making and makes it even more accurate when executed. The developments in the context of the fourth industrial revolution should contribute to improving competitiveness along the entire value chain as part of a system approach. Incorporating up-to-date, easy-to-use and fault-tolerant sensor-sensor-actuator combinations and intelligently linking real-world and public data in a timely manner opens up new perspectives for efficient and effective corporate governance.

### Keywords

Worktime requirements, Workload, Digitalization, Smart Farming, System approach, Work organization, Weak point analysis, Work safety, Operational management, Management



## Arbeitszeitbedarf

Die menschliche Arbeitszeit ist immer noch der teuerste Produktionsfaktor in den meisten landwirtschaftlichen Betriebszweigen. Deshalb sind exakte Messmethoden, professionelle Aufbereitungs- und Auswertungsmethoden sowie zeitgemäße Kalkulationssysteme Gegenstand aktueller arbeitswissenschaftlicher Forschung [1]. Die Messung von Arbeitszeiten über direkte und indirekte Methoden werden vermehrt sensorgestützt durchgeführt [2]. Dabei werden Arbeitszeiten und darauf wirkende Einflussgrößen exakt erfasst und sind für Kalkulationen und Bewertungen verfügbar [3]. Zur persönlichen Arbeitszeiterfassung bis zur Ebene Teilvorgang stehen mittlerweile auch vermehrt App-basierte und vernetzte Systeme zur Verfügung. Diese erfassen Fortschrittszeiten, gewährleisten damit eine lückenlose Datenerfassung und dienen ergänzend zu exakten Arbeitsanalysen [4].



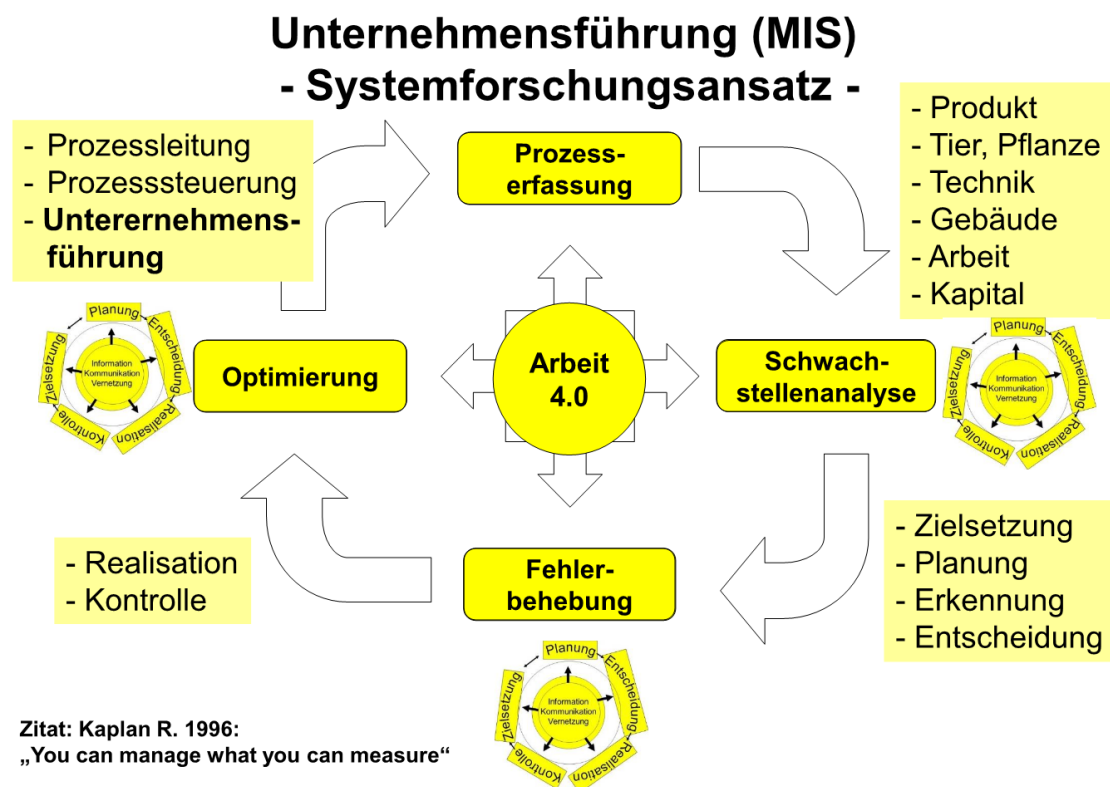
**Bild 1:** Personengebundene Arbeitszeiterfassung mit Hilfe von Apps [4].

**Figure 1:** Person-related timekeeping using apps [4].

## Unternehmensführung

Die arbeitswissenschaftliche Forschung im Rahmen der klassischen Betriebsführung entwickelt sich zunehmend in Richtung Unternehmensführung innerhalb eines Systemforschungsansatzes [5 bis 7]. Dabei werden gesondert die Bereiche Prozesserfassung, Schwachstellenanalyse, Fehlerbehebung und Optimierung wissenschaftlich analysiert. Durch den Einbezug von Managementregelkreisen auf jeder Analysestufe können sowohl die Ebe-

nen Prozessleitung und -steuerung als auch die eigentliche Unternehmensführung mit ihren strategischen Elementen einbezogen werden [4]. Somit stehen auch die Grundelemente für ein Managementinformationssystem (MIS) zur Verfügung. Die Verknüpfung der Systemelemente aus Innenwirtschaft (z.B. Herdenmanagement), Außenwirtschaft (z.B. Schlagkartei) und Betriebsführung (z.B. Buchhaltung) ist mittlerweile technisch machbar, aber noch nicht verbreitet. Vorteile des MIS sind insbesondere bei der administrativen Vereinfachung und der schnellen systematischen Entscheidungsunterstützung zu sehen. Die Nachteile liegen in der Datensicherheit, der Datenhoheit sowie in der zeitnahen Verfügbarkeit von cloudbasierten Daten.



**Bild 2:** Die Betriebsführung entwickelt sich mehrheitlich in Richtung Unternehmensführungsansätze [4].

**Figure 2:** The majority of management is moving toward management approaches [4].

## Arbeitsorganisation

Die Forschung im Bereich der Arbeitsorganisation beschäftigt sich mehrheitlich mit Optimierungssystemen zur verbesserten Arbeits- und Zeitplanung. Dadurch bedingt, dass landwirtschaftliche Arbeitsabläufe noch Optimierungspotential bzgl. Rationalisierungsmöglichkeiten haben, werden diesbezüglich im Hochschulbereich viele studentische und auch wissenschaftliche Arbeiten durchgeführt [8; 9].

### **Kalkulations- und Bewertungssysteme**

Die Berechnung von Planzeiten für standardisierte Arbeitsverfahren gehört zu den grundlegenden Arbeiten der arbeitswirtschaftlichen Forschung. Zeitgemäße Kalkulationssysteme sind datenbankbasiert und in einem Systemansatz aufgebaut. Es können damit sowohl die produktionsbezogenen Arbeitsverfahren in der Innen- und Außenwirtschaft als auch die anfallenden Sonder- und Betriebsführungsarbeiten modelliert und teilweise auch optimiert werden [10]. Dynamische Kalkulationssysteme zeigen hier deutliche Vorteile gegenüber statischen oder getrennten Systemen [11 bis 14].

### **Arbeitsplatzbedingungen**

Die Verbesserung der Arbeitsplatzbedingungen in der Landwirtschaft erfolgt wissenschaftlich vorwiegend über sensorgestützte Videosysteme. Neben den physischen Belastungskomponenten werden vermehrt auch die psychischen Belastungen analysiert [15]. Optimierungsstrategien finden sich derzeit sowohl bei der Melkplatzgestaltung als auch der Bedienerergonomie bei Traktoren und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen.

### **Schlussfolgerungen**

Der Sektor Landwirtschaft hat im Rahmen eines schwieriger werdenden wirtschaftlichen Umfelds ein großes Bedürfnis zur Steigerung der Arbeitsproduktivität. Die Nachfrage nach validen und reliablen arbeitswissenschaftlichen Kennzahlen ist deshalb sehr hoch. Mit der Vergrößerung der Landwirtschaftsbetriebe nehmen auch die physischen und psychischen Belastungskomponenten zu. Deshalb gibt es auch hier eine hohe Nachfrage nach wissenschaftlichen und praxistauglichen Arbeiten. Durch den vermehrten Trend zur Digitalisierung stehen den Landwirten mittlerweile sehr viele einzelbetriebliche Daten zur Produktion und zur Produktionsführung zur Verfügung. Der Nutzen dieser großen Datenmengen erschließt sich allerdings häufig erst durch die Bereitstellung professioneller Hilfsmittel zur Betriebsführung. Hier ist noch weiterer Forschungsbedarf vorhanden.

## Literatur

- [1] Mačuhová J.; Jakschitz-Wild S.; Haidn B.; Thurner, S.: Labour requirement for barn-dried hay production and feeding on dairy farms. In: L. Rajčáková (Eds) Forage Conservation, 17th International Conference Forage Conservation, 27th – 29th September, 2016, Horný Smokovec, Slovak Republic, (2016), S. 175-176.
- [2] Kortenbruck D.; Griepentrog H.W.; Paraforos, D. S.: Machine operation profiles generated from ISO 11783 communication data. Computers and Electronics in Agriculture 140 (2017) p. 227-236.
- [3] Mačuhová J.; Haidn, B.: Tools zur arbeitswirtschaftliche Ist- und Soll- Analyse in Milchviehbetrieben. 17. Jahrestagung der WGM, 18. - 20. Oktober 2016 an den Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf, (2016), S. 46-49.
- [4] Schick, M.: Ressource Arbeit: Arbeitsfalle Landwirtschaftsbetrieb. In: Ressourcen effizienter nutzen. KTBL-Tagung (2016) S. 118-138.
- [5] Mittenzwei, K.; Mann, S.: The rationale of part-time farming: Empirical evidence from Norway. International Journal of Social Economics 44 (1) 53-59 (2017).
- [6] Mann, S.; Besser, T.: Diversification and work satisfaction - testing a claim by Marx and Engels for farmers. Rural Sociology 82 (2) 349-362 (2017).
- [7] Freyens, B.; Mann, S.: Part-time Farming and Farm Resilience from Australia. In W. Britz, S. Bröring, M. Hartmann, T. Heckeley, K. Holm-Müller: Agrar- und Ernährungswirtschaft: Regional vernetzt und global erfolgreich. Münster: Landwirtschaftsverlag (2017).
- [8] Savary, P.; Schick, M.: 6. Täglicher Melktagung : Aspekte zur Optimierung der maschinellen Milchgewinnung. Agroscope Science. 45, (2017), S. 1-81.
- [9] Heitkämper K.; Umstaetter C.; Schick, M.: Administrative Vereinfachung in der Landwirtschaft. Agrarforschung Schweiz. (2016) 7, (9), S. 390-395.
- [10] Haas, Th.; Hofstetter, P.: Milchproduktion: Verkaufte Milchmenge und Weideanteil beeinflussen den Arbeitsverdienst. Agrarforschung Schweiz (2017) 8 (9): 356–363.
- [11] Sperling P.; Thalmann, Ch.; Reidy, B.; Kneubühler, L.; Grenz, J.; Hofstetter, P.: Nachhaltigkeit von drei graslandbasierten Milchproduktionssystemen in der Schweiz mit der Bewertungsmethode RISE. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, (Hrsg. S. Wolfrum, H. Heuwinkel, H. J. Reents, K. Wiesinger, K.-J. Hülsbergen), Freising-Weihenstephan, 7. bis 10. März 2017, (2017) S. 804-807.
- [12] Mačuhová J.; Haidn, B.: Zeitfalle Melkstand. Bayer. Landw. Wochenblatt (2017), H.2 S. 26-28.
- [13] Macuhova J.; Jakschitz-Wild S.; Haidn B.; Thurner, S.: Creation of calculation models for estimation of labour requirement for barn dried hay production and its feeding on dairy farms. Ciosta Proceedings, Chemical Engineering Transactions, 58 (2017), 55-60; DOI: 10.3303/CET1758010.
- [14] Zehner N.; Umstaetter C.; Niederhauser J.; Schick, M.: System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating be-

havior in stable-fed cows. Computers and Electronics in Agriculture. 136, (2017), S. 31-41.

- [15] Cockburn M.; Schick M.; Maffioletti, N. A.; Gygax, L.; Savary P.; Umstaetter, C.: Lower working heights decrease contraction intensity of shoulder muscles in a her-ringbone 30° milking parlor. Journal of Dairy Science. (2017) 100 (6): 4914-4925. doi: 10.3168/jds.2016-11629.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Schick, Matthias: Arbeitswissenschaft. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-6

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151417>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/arbeitswissenschaft.html>

## Gesamtentwicklung Traktoren

Karl Theodor Renius, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

Roger Stirnimann, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen

### Kurzfassung

Die Umsätze deutscher Traktorenhersteller stiegen 2017 nach Rückgängen in den vergangenen Jahren erstmals wieder an auf 3,66 Mrd. € (2016: 3,32 Mrd. €). Auch die Inlandszulassungen nahmen zu, allerdings unterstützt durch gewisse Sondereffekte. Wichtige Treiber hinter den 2017 präsentierten Neu- und Weiterentwicklungen waren wiederum die EU-Abgasgesetzgebung und die EU-Typengenehmigungsverordnung 167/2013 ("Mother Regulation"). Bei großen Traktoren hält der Trend zu gefederten Raupenlaufwerken an. Die Mittelklasse profitiert zunehmend von Technik und Komfortmerkmalen der Oberklasse. Automatisierte Teillastschaltgetriebe mit bis zu acht Stufen sind hier mittlerweile ebenso anzutreffen wie Touch-Screen-Terminals, verstellbare Lenkübersetzungen oder Fahrerassistenzsysteme. Viele Hersteller verbesserten ihre Rumpfkonzeppte zwecks Erhöhung der Nutzlasten. Elektrische Antriebe mit begrenzter Leistung gewinnen weiter an Bedeutung.

### Schlüsselwörter

Traktor, Traktorenmarkt, Traktorenentwicklung, Traktorentechnik, EU-Richtlinien, Elektrik

## Agricultural Tractor Development

Karl Theodor Renius, Chair of Automotive Technology, Technical University of Munich

Roger Stirnimann, School of Agricultural, Forest and Food Sciences, Zollikofen

### Abstract

In 2017, sales of German tractor manufacturers increased after a depression in the previous years to 3,66 Mrd. € (2016: 3,32 Mrd. €). Total registrations in Germany increased also; however, are favoured by some special effects. Tractor developments are again mainly driven by EU emission regulations and also by the new EU "Mother Regulation" 167/2013, which is important for homologations. More tractors are offered with tracks. Mid class models profit increasingly from technologies and comfort elements of larger tractors, for example with automated partial power shift gear boxes up to 8 speeds, touch-screen terminals, variable steering ratios or driver-assist systems. Many companies improved their chassis design achieving higher payloads. Electric drives with limited power are gaining further importance.

### Keywords

Tractor, tractor market, tractor development, tractor technologies, EU regulations, electrics

---

## Marktsituation

Der Umsatz deutscher Traktorenhersteller (ohne Claas) stieg 2017 wieder an auf 3,66 Mrd. € (2016: 3,32 Mrd. €) [1]. Auch in Stückzahlen ging die deutsche Produktion 2017 nach drei Jahren wieder nach oben, **Tabelle 1**. Die ebenfalls angestiegenen Neuzulassungen von 33695 Einheiten [1] enthalten 10648 Traktoren bis 37 kW, sehr viel wegen z. T. gezielt abgesenkter Nennleistungen zugunsten einer Nutzung der Abgasstufe IIIB. Im Dezember gab es ferner ungewöhnlich viele (oft vorgezogene) Zulassungen (vor allem bis 56 kW), wohl aus Vorbehalten gegenüber der ab 1.1.2018 gültigen „Mother Regulation“ (EU 167/2013) [2]. **Tabelle 2** zeigt die vorläufige Fortschreibung der Marktanteile in Deutschland: John Deere weiter auf Platz 1, AGCO (Fendt, MF, Valtra) verbessert, CNH (Case IH, Steyr, NH) mit Einbußen.

**Tabelle 1:** Traktorengeschäft in Deutschland (Stückzahlen), ohne Geländefahrzeuge [1]

**Table 1:** Tractor business in Germany (units), without terrain vehicles [1]

Jahr/Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Produktion Production	60732	65507	46432	50865	60551	59213	63599	51349	47893	43487	46966
Neuzulassungen Newly registered	28451	31250	29464	28587	35977	36264	36248	34611	32220	28248	33695
Exporte Exports	49931	54235	36758	40769	47886	46301	49772	40056	37866	34828	37814
Besitzumschreib. Changing owner	84601	86719	87175	93084	96597	95005	99468	102272	102988	103165	n. a.

**Tabelle 2:** Stückzahl-Marktanteile der größeren Anbieter bei den Traktoren-Neuzulassungen in Deutschland in % der Gesamtzulassungen (Zahlen für 2017 vorläufig, noch nicht amtlich).

**Table 2:** Market shares (% units) of the major tractor suppliers in Germany (for 2017 not yet official).

Jahr/Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
John Deere	21,2	20,7	19,8	19,8	19,3	19,7	20,9	20,9	21,3	19,4	19,5	18,2	18,4*
Fendt	16,8	16,0	17,1	17,2	17,2	16,5	15,9	16,5	17,3	17,1	17,0	16,0	17,1*
Deutz-Fahr	10,1	10,7	11,5	11,5	10,6	10,8	10,8	10,9	10,5	9,6	10,0	9,5	8,9*
Case IH+Steyr	8,8	9,1	9,4	10,0	9,6	9,1	8,0	10,1	7,7	10,0	7,7	8,3	6,5*
Claas	5,9	5,5	6,8	6,6	7,8	7,3	8,2	6,8	8,0	7,7	8,3	7,1	6,5*
Kubota	3,0	3,3	3,2	2,8	3,3	4,5	5,2	3,7	5,0	5,0	6,0	7,0	8,1*
New Holland	5,1	6,0	5,6	5,7	5,8	6,7	5,7	6,7	7,0	8,0	7,3	6,9	6,2*
MF	4,2	4,4	4,5	4,5	4,0	3,7	4,1	5,0	4,2	4,3	3,8	4,0	4,5*
Iseki	2,9	3,0	2,8	2,5	2,6	3,5	3,1	2,8	2,8	2,5	2,9	3,0	2,9*
Valtra	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,5	1,9	2,1	2,1	2,0	2,4	2,5	3,0*
SLH	3,0	3,2	2,9	3,2	3,0	2,5	2,3	2,3	1,9	1,8	1,4	2,1	1,9*
Merc.-Benz	1,9	2,1	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,3	1,4	1,2	1,2	1,6	1,2*

\* Vorläufig, noch nicht amtlich \* Estimated

Bei den fernöstlichen Anbietern gewann Kubota (Japan) weiter deutlich dazu, wenngleich mit Schwerpunkt bis 37 kW. Bei den übrigen asiatischen Herstellern fällt Foton-Lovol (China) mit 2,2% auf (auch unterer Leistungsbereich, in Tabelle 2 noch nicht gelistet).

Wegen der gehäuften Dezember-Zulassungen (2017) erwartet man für 2018 einen Rückgang der Gesamtzulassungen. Zahlen zum Traktorenmarkt Europa findet man in [3]. Der weltweite Traktorenbestand wurde in [4] für 2010 auf 33,3 Millionen geschätzt, auf Nachfrage beim Autor ohne Kleintraktoren unter etwa 15 kW (große Stückzahlen in China).

Herausragendes Ereignis im Berichtszeitraum war die Agritechnica 2017 mit auffällig vielen Anbietern aus Ost-/Südosteuropa und Asien, z. B. Arbos, ArmaTrac, Belarus, Branson, Hattat, Mahindra, Lovol und Ursus [5], vorwiegend im unteren Leistungsbereich und für Abgasstufe IIIB. Der Markt wird immer globaler: CNH produziert u. a. in der Türkei und John Deere in Indien - dort derzeit über 60.000 Traktoren p. a., davon werden etwa 25.000 exportiert mit Schwerpunkt USA und Europa (bes. Baureihe 5E). Zur Situation der Mechanisierung in Asien enthalten zwei AMA Sonderhefte interessante Informationen [6; 7].

### **Übersichten, Entwicklungsgrundlagen, Trends, Tests**

Die meisten Neuheiten des Jahres 2017 wurden auf der Agritechnica 2017 in Hannover präsentiert. Gesamtübersichten über die derzeitige Traktorenentwicklung findet man in [8 bis 10]. Immer schärfere Vorschriften beeinflussen die Technik, nach wie vor die EU-Abgasgesetzgebung und zusätzlich die erwähnte, ab 1. 1. 2018 gültige "Mother Regulation" [2] mit vier Unterverordnungen (Bremsanlagen, Verkehrssicherheit, Arbeitssicherheit und Umweltschutz) sowie einer Durchführungsverordnung.

Precision Farming [11] und Smart Farming [12] oder kurz Landwirtschaft 4.0 [13] bilden den anwendungsorientierten Rahmen der zukünftigen Mechanisierung, unterstützt durch Telematik [14] zur Übermittlung von Maschinendaten, auch zur Frühdiagnose von Schäden oder zur Abschätzung der erwarteten Restlebensdauer anhand gemessener Lastkollektive [15].

Der Trend zu gefederten Halb- oder Vollraupenlaufwerken hält besonders bei großen Traktoren an [16 bis 18], die aber auch straßentauglich sein müssen (max. 40 km/h). Bei Halbraupen kann die Lenkung kostengünstig konventionell bleiben, bei Vollraupen wird sie als Differenziallenkung aufwändig. ZF zeigte auf der Agritechnica den Prototyp eines stufenlosen, elektrisch leistungsverzweigten Zwischengetriebes für einen geregelten Allradantrieb [19], siehe Kapitel "Motoren und Getriebe bei Traktoren". Trotz immer mehr Technik ist ein Trend zu höheren Nutzlasten erkennbar.

Multifunktionsarmlehnen mit Touch-Screen-Terminal wandern "von oben" in die Mittelklasse hinein, ebenso verstellbare Lenkübersetzungen mit Schnittstellen für automatisches Lenken, vielfache Assistenzsysteme, gefederte Kabinen und exzellente Sitze. Zur Automatisierung von Feldarbeiten gibt es zwei Forschungsrichtungen: Fahrerlose Traktoren [7], auch mit ausgelegtem Hochvolt-Kabel zur Energieversorgung [20] und Feldschwarmsysteme [12; 21].

Der renommierte, praxisnahe Traktortest "DLG Powermix" erfolgt ab Agritechnica 2017 nicht mehr mit einem Bremswagen, sondern auf einem neuen Rollenprüfstand des DLG-Testzen-



trums in Groß-Umstadt. In [22] werden Ergebnisse des alten und neuen Vorgehens diskutiert. Viele Abweichungen sind gering, die größeren weitgehend erklärbar.

### Traktorentechnik nach Hersteller

Nachfolgend werden ausgewählte Neu- und Weiterentwicklungen vorgestellt. Auch die übrigen, hier nicht erwähnten Traktorenhersteller haben ihre Produkte verbessert.

Nach Vorstellung der komplett neuen Baureihe 5R zur EIMA 2016 präsentierte John Deere 2017 die überarbeiteten Baureihen 5E und 5M mit Abgasstufe-IIIB-Motoren. Die in Indien gebauten 5E-Modelle sind weiterhin mit 3-Zylinder-Aggregaten bestückt (44/50/55 kW, 97/68 EC) und können neu mit einem 40 km/h - Getriebe mit lastschaltbarer Wende- und Hi-Lo-Schaltung ausgestattet werden (24V/12R-Gänge). Für die 5M-Modelle aus US-Fertigung (4-Zylinder-Motoren mit 66/74/85 kW, 97/68 EC) stehen aufgewertete Kabinenvarianten mit Standard- und Niedrigdach, größere Bereifungen sowie vielfältige Getriebeversionen zur Verfügung (siehe Kapitel "Motoren und Getriebe bei Traktoren").

AGCO bietet ab 2018 in Europa beide Baureihen der bisherigen Challenger Raupentraktoren unter der Marke „Fendt“ an. Die obere Baureihe 1100 MT wurde technisch wenig verändert, die untere 900 Vario MT hingegen komplett neu konstruiert, **Bild 1**. Sie ersetzt die bisherigen Challenger MT 700E. Man baut sie in drei Modellen mit 279, 297 und 317 kW Maximalleistung (ECE R120) aus einem 7-Zylinder-Motor (9,8 l) von AGCO Power (mit nur 1700 min<sup>-1</sup> Nenndrehzahl wie bei den 1000er Radtraktoren) und eigener Fendt Transaxle. Beide Baureihen werden in den USA (Jackson/Minnesota) montiert, Getriebe und Hinterachse für die 900Vario MT werden aus Deutschland zugeliefert (Getriebeaufbau siehe Kapitel „Motoren und Getriebe bei Traktoren“). Kabine und Fahrwerk entstehen vor Ort. Die Federung mit Pendelausgleich soll für Geschwindigkeiten bis 40 km/h guten Komfort bieten.



**Bild 1:** Raupentraktoren mit Bandlaufwerk von Fendt, Bauart Vario 900 MT (max. 279/ 297/317 kW, ECE R120) und Fendt Transaxle, Serienproduktion angekündigt für 2018. Werkbild AGCO Fendt.

**Figure 1:** Fendt tractor line Vario MT 900 with full track belt drives (max. 279/297/317 kW, ECE R120) and Fendt transaxle, series production announced for 2018. Courtesy AGCO Fendt.

Fendt (AGCO) überraschte auf der Agritechnica 2017 mit einem batterieelektrischen Vario e100, der auf der 200er-Reihe aufbaut. Der Verbrennungsmotor mitsamt Peripherie wird durch eine 100 kWh - Batterie und einen Elektromotor ersetzt, das Vario-Getriebe hingegen beibehalten. Bei einer Nennleistung von 50 kW und den in dieser Klasse üblichen Einsatzprofilen werden für eine Batterieladung vier bis sechs Stunden "Reichweite" genannt. Das Leergewicht soll im Vergleich zur 200er-Reihe nur 150 kg höher liegen. Für 2018 ist eine Kleinserie geplant.

Für die 900er-Baureihe bietet Fendt ab 2018 erstmals ein 48V-System an, das bis 10 kW Leistung für Aktoren oder kleinere Elektromotoren auf Anbau-/Anhängergeräten zur Verfügung stellt. Die bisherige 12V-Lichtmaschine wird durch einen 48V-Generator ersetzt, der Antrieb erfolgt weiterhin über einen Riemen (12V-Bordnetz über Spannungswandler). Mit „VarioPull“ stellte Fendt für die Großtraktoren ein System mit horizontaler Verschiebbarkeit des Anhängerpunktes vor, maximal 80 cm während der Fahrt. Der zur Hinterachse verstellbare Hebelarm dient z. B. einer besseren Achslastverteilung bei hohen Stützlasten.

Angekündigt wurde zudem die überarbeitete Baureihe 200 Vario S3. Die 3-Zylinder-Motoren aus dem eigenen Konzern (AGCO Power) weisen Nennleistungen von 53/59/67/73/74 kW auf (ECE R120) und erfüllen die Abgasgrenzwerte der Stufe IIIB mit AGR und DOC.

Deutz-Fahr schob 2017, ein Jahr nach der Vorstellung der Serie-6-Modelle mit 6-Zylinder-Motoren, die 4-Zylinder-Baureihen 6.4 und 6 nach (110/115/120 resp. 88/92/95 kW, ECE-R120). Die 6.4er haben Deutz-Triebwerke mit 4,1 Liter Hubraum, die kompakten 6er solche mit 3,6 Litern. Beide Baureihen können mit Teillastschalt- und Stufenlosgetrieben ausgestattet werden. Für die Serie 6.4 kommen diese von ZF (TPT 16/18 mit 6-fach-Lastschaltung resp. Ecom 1.5/1.5HD), für die Serie 6 aus eigener Fertigung (T5430 mit drei Lastschaltstufen resp. T5431 CVT mit zwei automatischen Fahrbereichen). Mit der Einführung der Kompakt-Serie 6 entfallen die bisherigen TTV-Stufenlosmodelle der Serie 5.

CNH stellte 2017 als erster Hersteller knickgelenkte Zugtraktoren (Rad- und Raupenversionen) mit leistungsverzweigten Stufenlosgetrieben vor. Für die überarbeiteten 4-Zylinder-Baureihen Case IH Maxxum, New Holland T6 und Steyr Profi steht neu ein 8-fach-Lastschaltgetriebe mit Doppelkupplungstechnik aus eigener Entwicklung zur Verfügung (siehe Kapitel "Motoren und Getriebe bei Traktoren"). Es bietet interessante Funktionen wie Anhalten/Rangieren über das Bremspedal, automatische Motordrehzahlanpassung während der Schaltvorgänge oder Kickdown für zügiges Beschleunigen. Bei Transportarbeiten gibt es ab 22 km/h neben dem üblichen Boost eine zweite Boost-Stufe zu Lasten des Drehmomentanstiegs, aber zugunsten des Beschleunigungsverhaltens. Für 2018 wurden zudem neue Top-Modelle mit 6-Zylinder-Motoren und Stufenlosgetrieben angekündigt (Case IH Maxxum 150 CVX, New Holland T6.180 AutoCommand und Steyr 6145 CVT).

Für die oben genannten 4-Zylinder-Traktoren und die darüber liegenden Baureihen Puma/T7/CVT wird ab 2018 neu eine verstellbare Lenkübersetzung angeboten (optional), für die kompakten Grosstraktoren Optum/T7HD/Terrus überdies ein Dauerbremsssystem, das bei Betätigung der Motorstaudruckbremse den Kühllüfter und die Leitschaufeln des VGT-Turboladers auf maximale Bremsleistung stellt (insges. max. 103 kW).

2017 kam es bei den CNH-Marken zudem zu einer Neuordnung bei den kompakten 3- und 4-Zylinder-Baureihen. Alle 3-Zylinder-Modelle werden neu innerhalb der Einstiegsbaureihen Case IH Farmall A und New Holland T4S zusammengefasst. Die jeweiligen Familien weisen grundsätzlich gleiche Hauptkomponenten und Abmessungen auf, größere Unterschiede gibt es aber bei der Familie Luxxum/T5EC/Multi. Einen Überblick gibt **Tabelle 3**.

**Tabelle 3:** CNH-Produktangebot bei kompakten 3- und 4-Zylinder-Traktoren (41-86 kW, ISO 14396)

**Table 3:** CNH product range regarding small 3- and 4-cylinder tractors (41-86 kW, ISO 14396)

	Baureihen / Modelle					
Case IH	Farmall A 3 Modelle	Farmall C 3 Modelle	Farmall A 4 Modelle	Farmall C 4 Modelle	Luxxum 3 Modelle	
New Holland	T4S 3 Modelle	T4 3 Modelle	TD5 4 Modelle	T5 5 Modelle	T5EC 3 Modelle	
Steyr	-	Kompakt S 2 Modelle	-	Kompakt 3 Modelle	Multi 3 Modelle	
Abgasstufe	3B	3B	3B	3B	4	
Leistungen [kW] nach ISO 14396	41/48/55	43/48/55	63/73/ 79/84	55/63/ 73/79/84	73/79/86	
Anz. Zyl. / Hubraum [l]	3 / 2.9	4 / 3.4	4 / 3.4	4 / 3.4	4 / 3.4	
Anz. Gänge ( 40 km/h) <sup>1)</sup>	12x12	12x12	12x12	24x24	16x16 (NH)	32x32 (ZF)
Anz. Lastschaltstufen	-	-	-	2	4	
Radstand [m]	2.08	2.13	2.28	2.24 <sup>2)</sup>	2.38	2.42
Min. Leergewicht [kg]	2900	2900	3700	3700	4500	
Produktionsland	TUR	TUR	TUR	TUR/ITA <sup>3)</sup>	ITA	AUT

<sup>1)</sup> ohne Kriechgänge <sup>2)</sup> Steyr-Modelle Kompakt mit achsgeführter Fronthydraulik: 2.32 m <sup>3)</sup> abhängig von Ausführung

Claas präsentierte die überarbeiteten Baureihen Arion 500/600 und Axion 800/900 mit jeweils drei Ausstattungsvarianten CIS, CIS+ und CEBIS - letztere mit Touch-Screen-Monitor [23]. Die Arion-Modelle arbeiten weiterhin mit DPS-Motoren, für die Abgasstufe IV jetzt mit den Abgastechnologien AGR/DOC/DPF/SCR. Das neue Topmodell Arion 660 verfügt über einen Boost (max. 151 kW ECE-R120) und arbeitet erstmals mit dem weiterentwickelten Stufenlosgetriebe Claas EQ220 [9]. Neu bei allen Arion-Modellen sind die Vorderachsfederung mit zwei vertikalen Zylindern und Längslenker sowie die Möglichkeit zur Einstellung der Anzahl der Lenkradumdrehungen zwischen den Lenkansschlägen. Das neue Topmodell Axion 900 (max. 327 kW, ECE R120) verfügt im Gegensatz zu Axion 870 und Arion 660 nicht über einen Boost, das stufenlose Getriebe kommt von ZF (TMG 45). Zur Agritechnica überraschte Claas mit einem Axion-900-Prototyp mit gefedertem Bandlaufwerk an der Hinterachse, ähnlich den TERRA TRAC - Laufwerken der Claas-Mähdrescher, **Bild 2**. Die Planetenendantriebe befinden sich hier in den Triebrädern der Bandlaufwerke [16].

Kubota kündigte mit dem M7002 die zweite Generation der in Europa gebauten Top-Baureihe an. Neu stehen ein 50 km/h - Getriebe mit sechs Lastschaltstufen (TPT von ZF), größere Bereifungsoptionen und ein neues Vorgewende-Management zur Verfügung. Das zulässige Gesamtgewicht wird auf 11,5 Tonnen erhöht.



**Bild 2:** Claas Axion 900 TERRA TRAC mit Halbraupen-Laufwerk (Prototyp). Werkbild Claas.

**Figure 2:** Claas Axion 900 TERRA TRAC with half-track belt drives (prototype). Courtesy Claas.

Massey Ferguson (AGCO) stellte zur SIMA 2017 das neue Topmodell 8740 (max. 294 kW, ISO 14396) mit Touch-Screen-Terminal vor. Für das Modelljahr 2018 erhalten alle in Beauvais (Frankreich) gefertigten Baureihen 5700/6700/7700/8700 ein zusätzliches "S" in der Modellbezeichnung, als Zeichen für das höhere Spezifikationsniveau gegenüber den Global-Baureihen 4700/5700/6700. Beim 4-Zylinder-Topmodell 6718S wird das zulässige Gesamtgewicht bei der stufenlosen Ausführung Dyna-VT auf 12,5 Tonnen erhöht, woraus sich eine Nutzlast ergibt, die etwa dem Leergewicht (ohne Zubehör) entspricht - eine bemerkenswerte Ingenieurleistung. Die Baureihe 5700S wird mit dem 3-Zylinder-Modell 5709S nach unten ergänzt (71 kW, ISO 14396), als Getriebeoptionen sind hier die 4- und 6-fach-Lastschaltgetriebe Dyna4 und Dyna6 verfügbar. Die entsprechende Global-Serie wird mit zwei Modellen (5708/5709 mit 63/71 kW, ISO 14396) nach unten erweitert. Diese können mit dem Dyna4-Lastschaltgetriebe ausgestattet werden, alle anderen Global-Modelle indes lediglich mit einfachen 12x12-Getrieben.

Die AGCO-Konzernschwester Valtra präsentierte 2017 die vierte Generation der A-Serie. Der Leistungsbereich von 56 bis 97 kW wird mit 3-/4-Zylinder-Motoren von AGCO Power und drei unterschiedlichen Radständen abgedeckt [24]. Seit Herbst 2017 gibt es die SmartTouch-Armlehne mit Touch-Screen-Monitor und Multifunktionshebel für alle N-, T- und S-Modelle und damit ein einheitliches Bedienkonzept von 100 bis 291 kW. Für die N- und T-Baureihen wurden überdies neue Topmodelle mit 2-stufigem Boost angekündigt (N174/T254, max. 136/184 kW, ISO 14396) [25]. Zur Agritechnica 2017 wurde mit SmartGlass ein bei Traktoren völlig neues Konzept zur Anzeige von Informationen in der Frontscheibe vorgestellt.

McCormick (ARGO) fertigt die kompakte Großtraktoren-Baureihe X8 mit drei Modellen (max. 194/210/228 kW, ISO 14396) jetzt in Serie. Die FPT-Motoren mit 6,7 Liter Hubraum lagern

elastisch in einem Guss-Halbrahmen, das zulässige Gesamtgewicht liegt bei 16 Tonnen. Beim stufenlosen Getriebe wird auf ZF-Technik zurückgegriffen (TMT 32). Die überarbeiteten Baureihen X7.6 (6 Zylinder, max. 122-166 kW, ISO 14396; Halbrahmenbauweise) und X7.4 (4 Zylinder, max. 111-129 kW, ISO 14396; Blockbauweise) arbeiten ebenfalls mit FPT-Motoren in Abgasstufe-IV-Konfiguration und Stufenlosgetrieben von ZF. Neu können diese auch mit einem 6-fach-Lastschaltgetriebe (TPT von ZF) ausgestattet werden [26].

### **Besondere Bauarten**

Die österreichische Firma Syntrac präsentierte auf der Agritechnica 2017 eine Systemfahrzeug-Studie. Spiegelgleiche Dockingsysteme vorne und hinten ermöglichen ein automatisches Ankoppeln von Anbaugeräten mitsamt Hydraulik, Pneumatik, Zapfwelle und Elektrik. Anbauen lassen sich zudem eine oder mehrere angetriebene Zusatzachsen oder ein Zusatzmotor. Das hydropneumatisch gefederte Fahrwerk mit Einzelradfederung ermöglicht Fahrgeschwindigkeiten bis 80 km/h sowie Front-, Allrad- und Hundeganglenkung [27].

Lindner stellte ein zweites Lintrac-Modell vor (83 kW, ISO 14396). Die optionale Hinterachslenkung steht trotz größerer Bereifung auch hier zur Verfügung, das Stufenlosgetriebe kommt von ZF (TMT 11) [28].

Der Schweizer Hersteller Rigi Trac kündigte mit dem SKH150 ein neues Top-Modell an. Wie die bisherigen Modelle wird dieses über ein Mitteldrehgelenk sowie vier gleich große und lenkbare Räder verfügen. Neu kommt ein 4-Zylinder-Motor von FPT mit 118 kW zum Einsatz, beim hydrostatischen Fahrtrieb wird auf die neue Motor-/Getriebeeinheit von Sauer-Bibus zurückgegriffen (siehe Kapitel "Motoren und Getriebe bei Traktoren").

Paul Nutzfahrzeuge stellte auf der Agritechnica eine Spezialausführung eines Deutz-Fahr 9340 TTV vor, bei der sich die komplette Fahrerkabine hydraulisch heben und um bis zu 200 Grad drehen lässt. Alle anderen Komponenten des Traktors bleiben unverändert [29].

Der gleiche Spezialfahrzeughersteller war auch unter den zahlreichen Anbietern von Agrar-LKW vertreten. Mit dem Agro Mover wurde eine zweiachsige Zugmaschine auf Basis eines Mercedes-Benz Arocs 2051 AS 4x4 präsentiert. Die LoF-spezifische Ausrüstung umfasst u.a. eine Load-Sensing-Hydraulikanlage mit Joystick-Bedienung und Power-Beyond-Anschlüssen im Heck.

### **Traktor und Gerät**

Mit der EU-Verordnung 2015/68 werden die Bremsenvorschriften für neue landwirtschaftliche Traktoren und Anhänger ab 1. Januar 2018 an diejenigen für LKW angenähert [2]. Anhänger-Bremssysteme müssen jetzt über zwei Leitungen verfügen, um beispielsweise die Notbremsfunktion bei Leitungsabrissen sicherzustellen. Neben modifizierten pneumatischen 2-Leiter-Bremsen nach EU-Standard werden von einigen Traktorenherstellern neu auch hydraulische 2-Leiter-Systeme angeboten. Motivation hierfür ist vor allem die Abwärtskompatibilität zu hydraulischen 1-Leiter-Systemen, welche in einigen europäischen Märkten verbreitet sind (u.a. Frankreich, Italien, Schweiz). Überlegungen in der EU, ABS schon ab 40 km/h zu

fordern, werden von Fachleuten als nicht zielführend angesehen. ABS würde derzeit unter 60 km/h auch kaum geordert.

Kubota zeigte auf der Agritechnica 2017 eine "e-Power-Plattform", die in die Kulisse der höhenverstellbaren Zugvorrichtung integriert werden kann. Der Generator wird über den Zapfwellenstrang angetrieben und stellt bis 10,5 kW elektrische Leistung zur Verfügung (56 V). Modifikationen am Traktor sind nicht notwendig und die Plattform lässt sich auch an bestehenden Maschinen nachrüsten. Die Leistungssteuerung erfolgt über TIM/ISOBUS. Damit können einerseits elektrische Aktoren oder kleinere Elektromotoren auf Anbaugeräten mit Strom versorgt werden, andererseits lässt sich auch ein leistungsverzweigter Zapfwellenantrieb darstellen. Bei dem mit Elektromotor und Überlagerungsgetriebe ausgestatteten Mineraldüngerstreuer "Kubota e-Spreader" kann damit beispielsweise eine stufenlose Verstellung der Streuscheiben-Drehzahlen realisiert werden.

Der ISOBUS stößt zunehmend an seine Leistungsgrenzen, weshalb an einem High-Speed-Nachfolger gearbeitet wird. Übersichten über den aktuellen Stand gibt es in [30; 31]. Der Aufsatz unter [31] stammt vom Chairman der AEF e.V. und gibt u. a. eine Übersicht über deren fruchtbare Arbeit mit den inzwischen sehr populären "Plugfest"-Treffen, bei denen man zu ISO 11783 (ISOBUS) neue Funktionalitäten ausprobiert. Das Competence Center ISOBUS e.V. (CCI) verfolgt in Zusammenarbeit mit Geräteherstellern das Konzept einer herstellerübergreifenden Bedienphilosophie für ISOBUS-Landmaschinen. Die neueste Entwicklung ist das Terminal CCI 1200 [32].

## **Zusammenfassung**

Die Umsätze deutscher Traktorenhersteller stiegen 2017 nach Rückgängen in den vergangenen Jahren erstmals wieder an auf 3,66 Mrd. € in 2017 (2016: 3,32 Mrd. €). Auch die Inlandszulassungen nahmen zu, allerdings unterstützt durch ungewöhnlich hohe Zulassungen im Dezember 2017, hinter denen man als Grund EU-Regelungen sieht, insbesondere die EU-Abgasgesetzgebung und die ab 1.1.2018 gültige EU-Typengenehmigungsverordnung 167/2013 ("Mother Regulation"). Der Vorschriftenrahmen prägt wie in den vergangenen Jahren auch 2017 viele präsentierte Neu- und Weiterentwicklungen.

Bei sehr großen Traktoren hält der Trend zu gefederten Voll- oder Teilraupenlaufwerken an. Die Mittelklasse profitiert zunehmend von der Technik und den Komfortmerkmalen der Oberklasse. Automatisierte Teillastschaltgetriebe mit bis zu acht Stufen sind hier mittlerweile ebenso anzutreffen wie verstellbare Lenkübersetzungen, Fahrerassistenzsysteme und sehr gute Sitze - teilweise mit Multifunktionsarmlehnen und Touch-Screen-Terminals. Viele Hersteller verbesserten ihre Rumpfkonzeppte zwecks Erhöhung der Nutzlasten. Elektrische Antriebe mit begrenzter Leistung gewinnen weiter an Bedeutung.



## Literatur

- [1] N.N.: Informationen des VDMA Landtechnik, Frankfurt/M. Stand Juni 2017.
- [2] Schauer, A.: Mehr Sicherheit durch Mother-Regulation? (Interview). top agrar 45 (2017) H. 10, S. 101-102.
- [3] Kutschenreiter, W.: Verkäufe auf gesättigtem Niveau: Eilbote 65 (2017) H. 14, S. 5-10.
- [4] Pawlak, J.: Regional Distribution of the World's Tractor Stock. AMA 48 (2017) H. 1, S. 39-44.
- [5] Batisweiler, C.: Angriff auf das Establishment. Eilbote 65 (2017) H. 51-52, S. 12-15.
- [6] (Verschiedene): The Farm Machinery Industry in Asia and Research Activities. AMA 47 (2016) H. 2, S. 1-171.
- [7] (Verschiedene): Agricultural Mechanization and Industry in Asia. AMA 48 (2017) H. 2, S. 1-107.
- [8] Knechtges, H. und Renius, K.Th.: Gesamtentwicklung Traktoren. In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2016. TU Braunschweig: IMM, 2017. 10 Seiten. URL – <http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/get/64169>.
- [9] Renius, K. Th. und Stirnimann, R.: Traktoren 2016/2017 ATZoffhighway 10 (2017) H. 4, S. 8-17. Englisch in ATZoffhighway worldwide 2017, H. 4, S. 8-17.
- [10] Stirnimann, R.: Trends bei Traktoren und Transportfahrzeugen. DLG-Pressemitteilung Nr. 30 zur Agritechnica 2017, URL – [https://www.agritechnica.com/de/presse-service/#!/news/trends-bei-traktoren-und-transportfahrzeugen\\_59c9fb2c2016-17](https://www.agritechnica.com/de/presse-service/#!/news/trends-bei-traktoren-und-transportfahrzeugen_59c9fb2c2016-17), Stand 26.09.2017.
- [11] Auernhammer, H.: Precision Farming. Technik in Bayern 21 (2017) H. 1, S. 18.
- [12] Pichlmaier, B. und Reiter, H.: Effizienz und Vielseitigkeit. Technologie für die Landwirtschaft – Gegenwart und Zukunft. Technik in Bayern 21 (2017) H. 4, S. 10-11.
- [13] Fritzmeier, U.: Landwirtschaft 4.0 – Pflanzensensoren auf dem Vormarsch. Technik in Bayern 21 (2017) H. 4, S. 14-15.
- [14] Köber-Fleck, B. et al.: Telematics and Big Data Analysis - an Effective Way to Quantify Fuel Saving Potentials. In: VDI-Berichte 2300, S. 227-236.
- [15] Balbach, F.; Nacke, E. und Böttinger, S.: Method for load-based evaluation of machines using the example of a tractor. In: VDI-Berichte 2300, S. 521-528. Düsseldorf: VDI-Verlag 2017.
- [16] Wilmer, H.: Claas auf Raup-Zug. Profi 29 (2017) H. 12, S. 52-54.
- [17] Wilmer, H.: Das erste Dieselross auf Raupen. Profi 29 (2017) H. 12, S. 56-58.
- [18] Fischer, C.: Physikalisch-mechanische Auswirkungen ausgewählter Schlepperfahrwerke auf das Bodengefüge im Weinbau unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Vierraupenfahrwerke. Diss. Univ. Giessen 2014.
- [19] Himmelsbach, R., Volpert, B. und Grad, K.: Electrified Front-Wheel Drive Concepts for Tractors Designed for Improved Traction Functions. In: VDI-Berichte 2300, S. 31-37. Düsseldorf: VDI-Verlag 2017.

- [20] Daubermann, J. und Tarasinski, N.: GridCON – Konzept einer leitungsgeführten, voll-elektrischen und autonomen Landmaschine. 6. Fachtagung Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruhe 15.02.2017. In: Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik 50, S. 109-123. Karlsruhe: KIT-FAST 2017.
- [21] Wolfgang, R.: Feldschwärme statt Ackermönster. Eilbote 65 (2017) H. 31, S. 18-19, 23.
- [22] Wilmer, H.: Komplett von der Rolle! Profi 29 (2017) H. 12, S. 18-21.
- [23] Wilmer, H.: Fast 450 PS mit 1850 Nm - und ein neues Cebis. Profi 29 (2017), H. 8, S. 26-29.
- [24] N.N.: Die vierte Generation tritt an. Eilbote 65 (2017), H. 12, S. 16.
- [25] N.N.: SmartTouch-Armlehne für T- und N-Serie. Eilbote 65 (2017), H. 24, S. 18.
- [26] N.N.: Neuheiten aus Norditalien. Eilbote 65 (2017) H. 45/46, S. 34-35.
- [27] Bensing, T.: Putziger Systemtraktor. Profi 29 (2017) H. 12, S. 64-67.
- [28] N.N.: Autonomes Flaggsschiff: Eilbote 65 (2017) H.45-46, S. 29-30.
- [29] Bertling, A.: Sie dreht sich. Profi 29 (2017) H. 12, S. 68-69.
- [30] Kath-Petersen, W.: Wie gut "läuft" der ISOBUS? Eilbote 65 (2017) H. 29, S. 10-13.
- [31] van der Vlugt, P.: ISOBUS: State of the Art and Future Directions. Club of Bologna, 27. Meeting Hannover 12.-13.11.2017. URL – <http://www.clubofbologna>, Stand 10.02.2018.
- [32] Janotte, R.C.: Feldprobe: Neues CCI 1200 ISOBUS Terminal. Eilbote 65 (2017) H. 42, S. 8-11.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Renius, Karl Theodor; Stirnimann, Roger: Gesamtentwicklung Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151432>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/gesamtentwicklung-traktoren.html>

---



## **Motoren und Getriebe bei Traktoren**

Marcus Geimer, Teilinstitut Mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruher Institut für Technologie  
Karl Theodor Renius, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München  
Roger Stirnimann, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen

### **Kurzfassung**

Für die EU Abgasstufe V werden Dieselpartikelfilter und SCR-Systeme benötigt, eine Abgasrückführung wird jedoch nicht einheitlich benutzt. Für die Abgasnachbehandlung geht der Trend zu kompakteren Bauformen. Getriebepläne werden vorgestellt für das neue 8-fach Lastschaltgetriebe von CNH, für das Command8-Getriebe von John Deere und für den stufenlosen Antrieb des neuen 900Vario MT von Fendt mit Bandlaufwerk.

Erweiterte elektrische Netze mit mehreren Spannungsebenen stehen im Fokus der Entwicklung, z. B. genutzt für Aggregate, Geräte oder geregelte Allradantriebe. Ein erster, rein batteriegetriebener Traktor (50 kW) wurde von Fendt für 2018 angekündigt. Verbesserte Simulationen und Feldmessungen unterstützen Auslegungen und ggf. Präventivmaßnahmen.

### **Schlüsselwörter**

Dieselmotor, Emissionen, Effizienz, Lastschaltung, CVT, elektrische Fährantriebe

## **Tractor Engines and Transmission**

Marcus Geimer, Mobile Machines, Karlsruhe Institute of Technology  
Karl Theodor Renius, Chair of Automotive Technology, Technical University of Munich  
Roger Stirnimann, School of Agricultural, Forest and Food Sciences, Zollikofen

### **Abstract**

EU Emission stage V requires diesel particulate filters and SCR systems, but exhaust gas recirculations are not used consistently. More compact exhaust after treatment designs are expected. Transmission systems are presented for CNH's new 8-speed powershift transmission, John Deere's Command8 and for the transaxle of the new Fendt full track model 900Vario MT.

New additional electrical grids are in focus of developments to power, for example, aggregates, implements or infinitely variable four-wheel drive systems. A first purely battery-driven 50 kW standard tractor was announced by Fendt for 2018. Improved simulation methods and remote field measurements support dimensioning and preventative actions if necessary.

### **Keywords**

Tractor, Diesel engine, emissions, transmission, power shift, CVT, electric drives

## Übersichten Antriebsstrang und Zapfwelle

ZF stellte in [1] Lösungen zur Verwendung elektrischer Komponenten in Traktor-Antriebssträngen vor, u. a. für geregelte Allradantriebe (s. u. bei Hybridantriebe). Traktoren arbeiten möglicherweise zukünftig mit vier elektrischen Spannungsebenen: DC-Hochvoltsysteme (Konverter auf dem Gerät), AC-Dreiphasen-Hochvoltsysteme (Frequenzsteuerung auf dem Traktor) [2], 48 V-DC-Systeme (siehe Kap. 3.1, Fendt) und das klassische 12 V-Bordnetz. Ähnlich wie im Automobilbau sind bei 48 V Leistungen bis um 10 kW möglich, interessant für Geräteantriebe, Aggregate oder Überlagerungsgetriebe [1].

Zukünftige Anforderungen an die Traktor-Zapfwelle werden in [3] behandelt. Sinnvolle Weiterentwicklungen sehen die Autoren vor allem in Richtung Synchronisierung und Lastschaltung. Stufenlosigkeit wird erschwert durch zusätzlichen Platzbedarf, höhere Verluste und offenbar derzeit kaum wirtschaftliche Vorteile.

Zur Modellierung von Antriebssträngen mit verstellbaren Einzelradantrieben werden in [4] Potenziale und weiterentwickelte Modellierungsmethoden präsentiert.

Traktorgeräusche entstehen vor allem durch den Antriebsstrang. Dass man sie auch für eine Qualitätssicherung in der Produktion nutzen kann, wird in [5] gezeigt.

## Dieselmotoren

Ab Januar 2019 tritt die neue Abgasgesetzgebung Stufe V in Kraft. Im Vergleich zu Stufe IV werden erstmalig auch Motoren unter 19 kW und über 560 kW reglementiert. Zudem wird die Anzahl der Partikel begrenzt [6]. Die Hersteller von Verbrennungsmotoren haben sich zwischenzeitlich auf die neue Stufe V eingestellt, **Tabelle 1**. Sie setzen durchgehend Dieseloxydationskatalysatoren (DOC), Dieselpartikelfilter (DPF) und SCR-Systeme (Selective Catalytic Reduction) ein. Ein Ammoniak-Oxydationskatalysator (AOC) wird zur Reduktion des Ammoniakschlupfes dem SCR nachgeschaltet. Einige Hersteller verzichten auf Abgasrückführung (AGR).

**Tabelle 1:** Abgasnachbehandlungssysteme für Stufe V verschiedener Hersteller

**Table 1:** Exhaust aftertreatment systems for stage V from different manufacturers

Hersteller	Motor	AGR	DOC	DPF	SCR	AOC	Quelle
Cummins	97 - 382 kW	-	x	x	x	x	[7]
Cummins	336 - 503 kW	x	x	x	x	x	[8]
Deutz	55 - 291 kW	x	x	x	x	x	[9]
John Deere	63 - 448 kW	x	x	x	x	x	[10]
Liebherr	130 - 620 kW	-	x	x	x	x	[11]
MAN	110 - 816 kW	x	x	x	x	x	[12; 13]
MTU	100 - 480 kW	x	x	x	x	x	[14]
Perkins	82 - 225 kW	x	x	x	x	x	[15]

Aktiv von den Motorherstellern beworben werden kompakte Systeme: Cummins bietet das gesamte Nachbehandlungssystem, DOC, DPF und SCR/AOC, in einem einzigen Modul an [7], Liebherr und FPT Industrial nutzen als Partikelfilter ein SCR-beschichtetes System [11; 16] und MAN zeigt ein hochintegriertes Abgasnachbehandlungssystem in [17].

SCR-beschichtete Partikelfilter (SCRoF) werden heute von den Herstellern nur für den Non-road-Bereich angeboten. Die Gründe liegen in den beengten Platzverhältnissen auf den Maschinen. Eine besondere Herausforderung liegt bei den Systemen in der NO<sub>2</sub>-Konkurrenz zwischen DPF und SCR. NO<sub>2</sub> ist einerseits für die DPF-Regeneration notwendig, andererseits wird es für eine hohe NO<sub>x</sub>-Umwandlungsrate im SCR-System benötigt. Dem SCR-beschichteten Partikelfilter wird deshalb ein kleiner SCR-Katalysator nachgeschaltet [18]. Insbesondere bei einem Verzicht auf AGR sind hohe NO<sub>x</sub>-Umwandlungsraten in der Abgasnachbehandlung von Bedeutung.

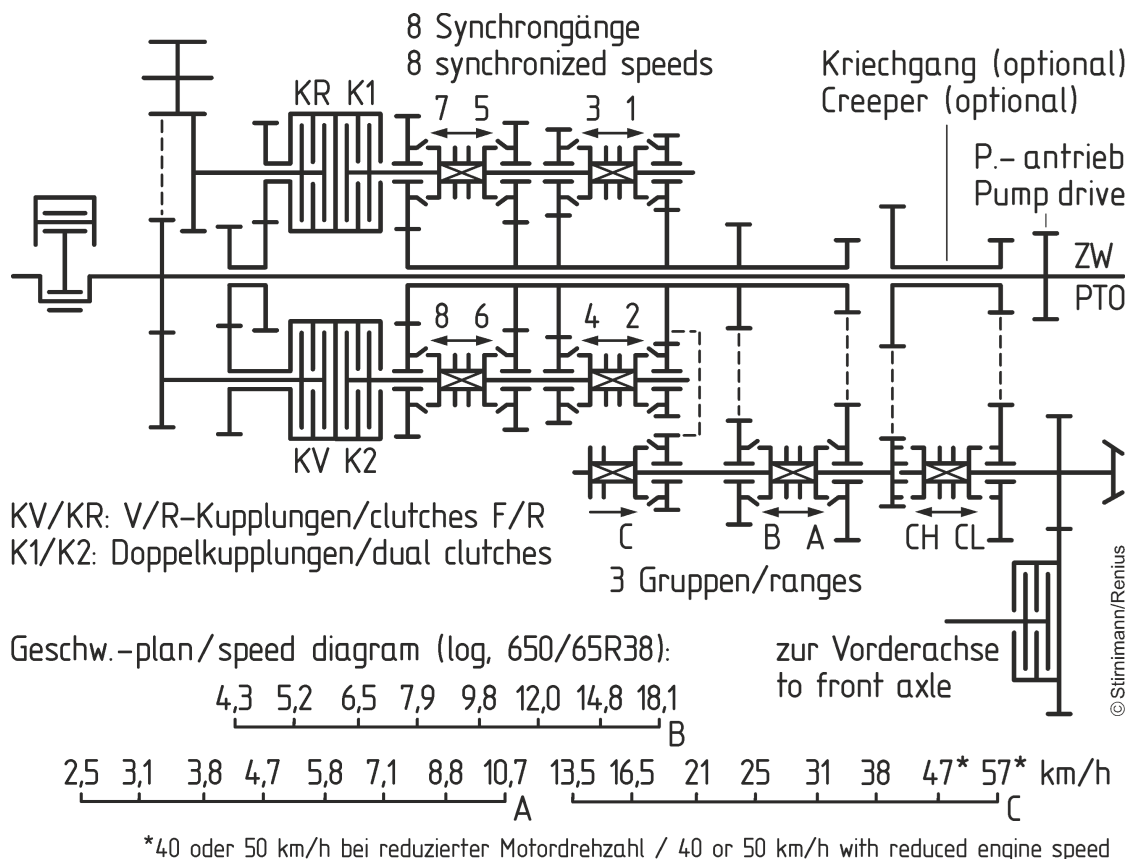
Deutz hat für 2019 neue Motoren im Bereich von 300 kW bis 620 kW (9 l bis 18 l Hubraum) angekündigt, die von Liebherr gebaut werden [19]. Auf der Agritechnica wurden von MAN neue 9-Liter-Motoren [20] und von Cummins 6,7-Liter-Motoren [21] vorgestellt. Letztgenannte sind jetzt ab Werk für Blockbauweise geeignet.

Verbrennungsmotoren mit Erdgas besitzen das Potential, nachhaltig und CO<sub>2</sub>-frei Landmaschinen anzutreiben, wenn regenerativ gewonnenes Methan (Bio-Methan) verwendet wird [22]. So hat New Holland eine neue Version seines Methan-Traktors gezeigt [23] und von Deutz wurden neue Gasmotoren vorgestellt [24]. Dual-Fuel Konzepte, bei denen Erdgas und Diesel verwendet wird, wurden auf der Tagung Land.Technik [25] und in [26] vorgestellt. Im Bereich der Lkw sind Gasmotoren heute bereits im Einsatz. Auch wenn diese mit Bio-Methan betrieben werden können und auch so beworben werden, standen zunächst wirtschaftliche Gründe und der Einsatz von Erdgas im Fokus der Entwicklung. Mögliche Konzepte für den Betrieb von Gasmotoren, wie z.B. innere und äußere Gemischbildung oder Dual-Fuel Konzepte, sind in [26] zu finden. In Ergänzung zum letztjährigen Jahrbuchbeitrag wurden in [27] die effektiven Mitteldrücke weiterer Motoren vorgestellt.

### **Gestufte Fahrantriebe**

Getriebe mit mehr als 4 bis 6 Lastschaltstufen gewinnen in der 4-Zylinder-Traktormittelklasse bei Grenzleistungen bis um 130 kW weiter an Bedeutung. Dazu zwei Beispiele.

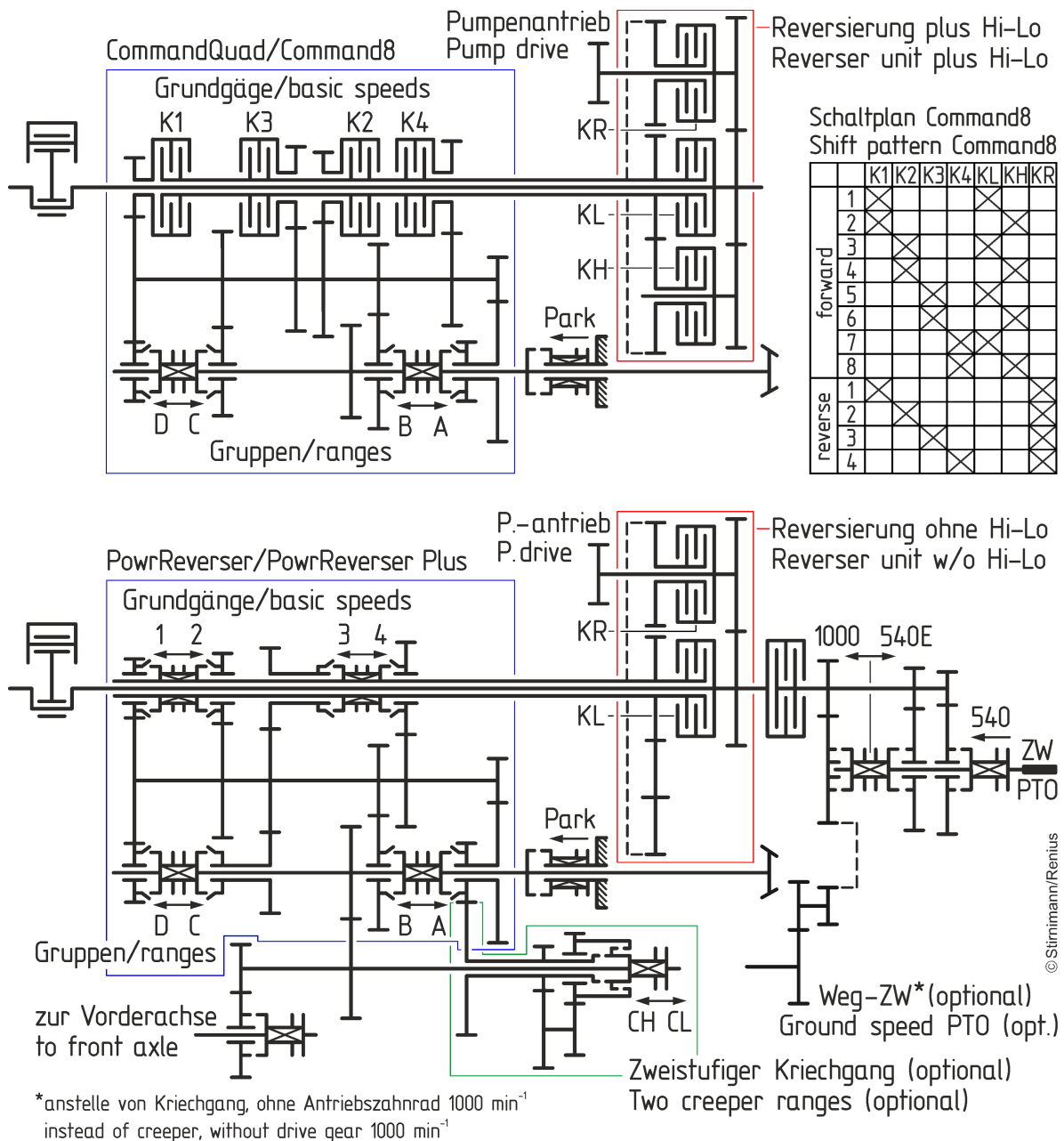
CNH präsentierte 2017 ein komplett neu entwickeltes 8-fach-Lastschaltgetriebe mit Doppelkupplungstechnik für die 4-Zylinder-Baureihen Case IH Maxxum, New Holland T6 und Steyr Profi (markenspezifische Getriebebezeichnungen: ActiveCommand 8, DynamicCommand und S-Control 8), **Bild 1**. Die Synchronschaltstellen 1 bis 8 werden elektro-hydraulisch vorgewählt und über das Kupplungspaar K1/K2 wechselweise kraftschlüssig geschaltet. Das Reversiergetriebe mit den Lamellenkupplungen KV und KR befindet sich im vorderen Bereich und ist ähnlich aufgebaut wie dasjenige im CVT-Getriebe für die Großtraktoren-Baureihen Case IH Magnum und New Holland T8. Mit drei synchronisierten Gruppen ergeben sich insgesamt 24 Vorwärts- und Rückwärtsgänge (ohne Kriechgang), die Stufensprünge liegen im Bereich von 1,22 bis 1,24. Gebaut wird das Getriebe in Modena/Italien.



**Bild 1:** Neues 8-fach-Lastschaltgetriebe mit Doppelkupplungstechnik von CNH für die Baureihen Case IH Maxxum, New Holland T6 und Steyr Profi (max. 107-129 kW mit Boost, ECE-R120).

**Figure 1:** New 8 speed power shift transmission with dual clutch technology from CNH for the Case IH Maxxum, New Holland T6 and Steyr Profi series (max. power with boost 107 to 129 kW, ECE-R120)

Von John Deere gab es genauere Informationen zu dem bereits im Jahrbuch 2016 erwähnten 8-fach-Lastschaltgetriebe Command8 für die Baureihe 5R. Es baut auf dem sehr umfangreichen 5M-Getriebebaukasten auf, der in Europa die Versionen SyncReverser 16/16, PowrReverser 16/16 und PowrReverser Plus 32/16 umfasst. In **Bild 2** unten dargestellt ist die 5M-Version PowerReverser 16/16 mit jeweils vier synchronisierten Gruppen und Gängen sowie lastschaltbarer Reversierung. Aus der Kombination mit der oben dargestellten Hi-Lo-Reversierung resultiert die Version PowrReverser Plus 32/16. Für die Baureihe 5R wurde das PowrReverser-Grundmodul modifiziert und mit vier Lamellenkupplungen erweitert (Bild 2 oben). Kombiniert mit der Standard-Reversierung ergibt sich das CommandQuad 16/16 (4 Lastschaltstufen), mit der Hi-Lo-Reversierung die Top-Version Command8 32/16 (8 Lastschaltstufen). Alle Getriebeversionen können wahlweise mit einem zweistufigen Kriechganggetriebe ausgestattet werden. Es stehen zudem mehrere Zapfwellenvarianten zur Verfügung (540/1000, 540/540E, 540/540E/1000). Anstelle des optionalen Kriechganges ist auch eine Wegzapfwelle mit Antrieb über die Allradnebenwelle möglich. Das 1000er-Antriebszahnrad der Motorzapfwelle fällt in diesem Fall weg (Wegzapfwelle/540E/540). Im Gegensatz zum CommandQuad 16/16 basierte das 4-fach-Lastschaltgetriebe in der früheren 5R-Baureihe (Abgasstufe IIIA) auf dem PowrQuad-Getriebe aus dem 6000er-Baukasten.



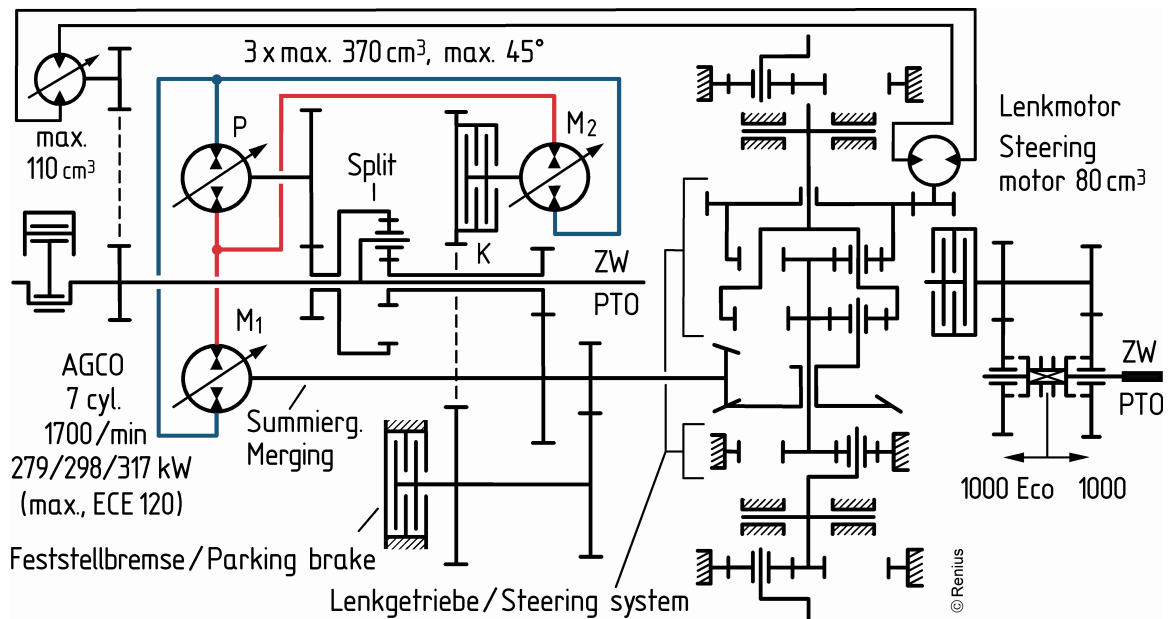
**Bild 2:** Getriebebaukasten für die Baureihen John Deere 5M und 5R: Unten ist das Komplettgetriebe PowrReverser 16/16 dargestellt, oben sind die entsprechenden Module für die Version Command8 (32/16) zu sehen.

**Figure 2:** Modular transmission system for John Deere 5M and 5R series: The complete transmission version PowrReverser 16/16 is shown at the bottom, the corresponding modules for the version Command8 (32/16) are shown at the top.

### Hydrostatisch-stufenlose Fahrtriebe

AGCO-Fendt hat für die neue Raupenbaureihe 900Vario MT (Nachfolger für Challenger MT 700E) eine eigene Transaxle entwickelt, **Bild 3**. Der linke Teil ist weitgehend identisch mit dem der 1000er Baureihe, mit auch nur einem Fahrbereich und abschaltbarem Hydromotor M2 (K) bei hohen Fahrgeschwindigkeiten (bis 40 km/h). Die Hinterachse arbeitet mit Diffe-

renziallenkung, die man durch Überlagerung der stufenlos eingespeisten Drehzahl des Hydromotors erreicht. Das Prinzip ist typisch für moderne Raupenlaufwerke und z. B. von den bisherigen Challenger-Achsen bekannt [28; 29]. Es erfordert einen gewissen Aufwand, liefert jedoch ein gutes Lenkverhalten und wegen der aufgeprägten Drehzahlen selbst bei unterschiedlichen Bodenbedingungen links und rechts gute Traktion. Die Lenkenergie ist im Durchschnitt nicht groß; sie hängt nach Messungen an einem Challenger CH45 [29] aber stark von den Einsatzbedingungen ab.



**Bild 3:** Antriebsstrang der neuen Fendt Baureihe 900 Vario MT mit Bandlaufwerken. Leistungen maximal 279, 297 und 317 kW (ECE R 120). Gemeinsamer Getriebe-Baukasten mit den Radtraktoren der Baureihe 1000, Hinterachse jedoch mit Differenziallenkung.

**Figure 3:** Power train of the new Fendt line up 900 Vario MT with full track belt drives. Maximum engine power 279, 297 and 317 kW (ECE R 120). Common modular transmission system with the wheel tractor line 1000; however, rear axle with differential steering.

Claas entwickelte das eigene Stufenlosgetriebe EQ200 weiter und präsentierte die neue Version EQ220 erstmals im neuen Arion-Topmodell 660. Dank einem zusätzlichen Doppelkupplungspaket für den Fahrtrichtungswechsel wird die Hydroeinheit 1 bei Rückwärtsfahrt nicht mehr über den Compound-Planetensatz, sondern über zwei Zahnradstufen direkt vom Dieselmotor angetrieben. Mit dem nun rein hydrostatischen Rückwärtsfahrbereich und den geringeren Hydrostatdrücken bei Vorwärtsfahrt sollen Zugkraft und Effizienz verbessert werden. Einen aktuellen Getriebeplan findet man in [30].

Case-IH stellte für die knickgelenkten Steiger- und Quadtrac-Modelle leistungsverzweigte Stufenlosgetriebe vor. Hinter dem CVX-Getriebe steht das Eccom 6.0 von ZF, eine Weiterentwicklung des Eccom 5.0. Die Grundstruktur mit vier mechanischen Fahrbereichen sowie die verwendete Bosch-Hydroeinheit A41CTZ (Schrägscheibenpumpe/Schrägachsenmotor, Nenngröße 110/90 cm<sup>3</sup>) sind gleich, der Antrieb für Zapfwelle und Arbeitshydraulik wird beim Eccom 6.0 hingegen bereits am Getriebeeingang abgezweigt. Damit wird den anspruchsvol-

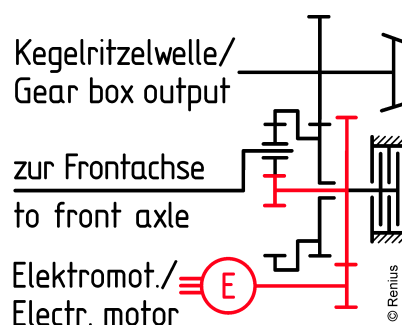
len Lastprofilen Rechnung getragen, die insbesondere bei der Raupenversion Quadtrac auftreten können. Das Stufenlosgetriebe steht unter der Bezeichnung AutoCommand auch für die Schwestermodelle T9 von New Holland zur Verfügung.

### Stufenlose sonstige und hybride Systeme

Zur Entwicklung kleiner stufenloser Traktorgetriebe wird in [31] eine Studie vorgelegt, in der man die technischen Möglichkeiten mehrerer mechanischer Lösungen untersucht. Diese sind nicht kostengünstiger (eher etwas teurer), können ohne Sondermaßnahmen „Abtriebsdrehzahl null“ nicht darstellen, haben aber bei optimierter Verstellenergie sehr hohe Wirkungsgrade und einen geringen Geräuschpegel.

Sauer Bibus bietet mit dem Compact Drive hydrostatische Fahrtriebe mit Großwinkel-Hydromotoren in Schrägachsenbauweise an. Die beiden Baugrößen mit maximalen Schluckvolumina von 233 cm<sup>3</sup> und 300 cm<sup>3</sup> können neu mit einem schnellschaltenden 2-Gang-Getriebe kombiniert werden (Compact Drive Automatic Shift). Der Fahrbereichswechsel kann während der Fahrt erfolgen, es kommt dabei aber zu einer kurzen Zugkraftunterbrechung. Die 233er-Einheit ist u.a. für den Einbau im neuen Top-Modell SKH 150 des Schweizer Spezialtraktorenherstellers RigiTrac vorgesehen.

Geregelte Allradantriebe bleiben ein Thema, auch gerade als hybride Systeme mit elektrischen Komponenten. So stellte ZF auf der Agrartechnik 2017 eine Lösung (als Prototyp) vor, die wie ein aktives Längsdifferenzial arbeitet [32] und z. B. im Bauraum herkömmlicher Allrad-Lamellenkupplungen integriert werden könnte, **Bild 4**. Der in der Drehzahl stufenlos verstellbare, bewusst sehr schlank gehaltene Elektromotor treibt über eine Untersetzung das Sonnenrad eines einfachen Planetengetriebes an, wodurch sich die Drehmomentverteilung auf die Achsen feinfühlig steuern oder regeln lässt. Als maximale Einspeiseleistung werden für enge Kurven kurzzeitig 27 % der Frontachse-Leistung genannt [32]. Möchte man für Geradeausfahrt auf dem Acker eine feste Einstellung haben (was meistens sinnvoll ist), kann man über die Lamellenbremse das Sonnenrad festlegen und den Elektromotor abschalten.



**Bild 4:** ZF-Vorschlag für einen stufenlos geregelten Allradantrieb, Struktur gezeichnet nach einem ZF Prototypbild [32]

**Figure 4:** ZF-proposal of an infinitely variable front drive, drawing after a ZF prototype picture [32]

Hybridantriebe ähnlich denen des Automobilbaus sind bei Traktoren weiterhin kaum anzutreffen. Ein Hybridantrieb besteht nach SAE aus zwei oder mehr Energiespeichern mit ihren

dazugehörigen Energiewandlern, die wahlweise gemeinsam oder jeweils getrennt das Fahrzeug antreiben.

Einzug halten dagegen voll- und teilelektrische Konzepte. So stehen batterieelektrische Traktoren weiter im Fokus der Forschung. In [33] wurde ein batterieelektrisches Modell mit 50 kW Elektromotor und 100 kWh Batteriekapazität von Fendt vorgestellt. Ein rein elektrischer Frontantrieb wurde als Alternative zu dem in Bild 4 dargestellten System in [34] gezeigt.

Möglichkeiten einer Drehzahlüberlagerung durch ein leistungsverzweigtes Getriebe bei Traktor-Vorderachsantrieben wurden parallel zu denen von [32] auch in [34] behandelt.

### **Entwicklungswerkzeuge und konstruktive Grundlagen**

Ein neuer Testzyklus, bestehend aus zehn Einzelzyklen, zur Beurteilung der Vibration auf Personen wird in [35] beschrieben. Neu ist dabei die Berücksichtigung von Anbaugeräten in Form einer experimentellen Simulierung durch variierten Ballast.

Analog zu HiL- und SiL-Prüfmethoden wird in [36] die Methode MOBIL zur realitätsnahen Prüfung von mobilen Arbeitsmaschinen vorgestellt. Komponenten, Teilsysteme oder ganze Maschinen können unter realitätsnahen Randbedingungen so geprüft werden.

Eine Methode zur Bewertung des "Gesundheitszustands" von Komponenten auf Basis des Vergleichs von Einsatzmessungen mit bekannten Auslegungs-Lastkollektiven wird in [37] vorgeschlagen. Damit könnte man den "Verbrauch von Lebensdauer" beobachten und ggf. präventiv eingreifen. Ähnlich wird am Beispiel einer Baumaschine in [38] gezeigt, wie man auf Basis der Sammlung realer Messdaten die Auslegung einer Maschine prüfen bzw. die Wartung besser planen kann.

### **Zusammenfassung**

Verbrennungsmotoren mit der EU Abgasstufe V werden von allen Herstellern angekündigt, alle mit SCR und Partikelfilter, aber nicht durchgehend mit Abgasrückführung.

CNH hat ein neu entwickeltes 8-fach Lastschaltgetriebe mit Doppelkupplungstechnik präsentiert (Getriebeplan). Der umfangreiche Getriebebaukasten von John Deere für die Traktoren 5M und 5R mit 8-fach-Lastschaltgetriebe Command8 wird besprochen (Getriebeplan).

Fendt hat für die neue Raupenbaureihe 900Vario MT eine eigene Transaxle mit Lenkgetriebe entwickelt (Getriebeplan). Das Stufenlosgetriebe EQ200 von Claas wurde in der Version EQ220 für den Arion 660 weiterentwickelt und Case-IH stellte ein leistungsverzweigtes Stufenlosgetriebe (von ZF) für die knickgelenkten Steiger- und Quadtrac-Modelle vor.

Bei Standardtraktoren erwartet man erweiterte elektrische Netze mit mehreren Spannungsebenen. 48V reicht teilweise für Aggregate, Geräte oder geregelte Allradantriebe aus. Ein erster, rein batteriegetriebener Traktor (50 kW) wurde serienreif von Fendt vorgestellt. Verbesserte Simulationen und Methoden der Datenerfassung unterstützen weitere Optimierungen des Antriebsstrangs und ggf. präventive Maßnahmen im praktischen Betrieb.



## **Literatur**

- [1] Stempfer, G. et al: Elektrifizierung in der Landtechnik. Technologien und Synergien. ATZoffhighway 10 (2017) H. 4, S.66-69.
- [2] Dietel, H.: High Voltage OnBoard Networks. The AEF Power Interface is ready to become an ISO standard. In: VDI-Berichte 2300, S. 93-98. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [3] Birkmann, C.; Wieckhorst, J. und Frerichs, L.: Zapfwellenantriebskonzepte für Standardtraktoren - Historie-Gegenwart-Zukunft. ATZoffhighway 10 (2017) H. 4, S. 78-85.
- [4] Engelmann, D.; Unger, M.R. und Geimer, M.: Testing and Benchmarking a Powertrain with Independent Wheel Control for Heavy Machinery. In: VDI-Berichte 2300, S. 303-313. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [5] Lindner, M.: Grundlagen für eine Fahrzeug-Funktionsdiagnose mithilfe akustischer Verfahren am Beispiel Traktor (German-English). Landtechnik 71 (2016) H. 6, S. 224-234.
- [6] (EU) 2016/1628 of the European Parliament and the Council of 14 September 2016 on the requirements to gaseous and particulate pollutant emission limits and type-approval for internal combustion engines for non-road mobile machinery, amending Regulations (EU) No 1024/2012 and (EU) No 167/2013, and amending and repealing Dir. 97/68/EC.
- [7] Cummins stage V engines delivering more with less at Agritechnica, URL – <https://cumminsengines.com/cummins-stage-v-engines-delivering-more-with->, Stand 12.01.2018.
- [8] X15 (Stage V) for 2019, URL – <https://cumminsengines.com/showcase-item.aspx?id=351&title=X15+%28Stage+V%29&#overview>, Stand 21.12.2017.
- [9] DEUTZ Emission Management, URL – <https://www.deutz.com/service/emission-management/>, Stand 21.12.2017.
- [10] Stufe V bereite John Deere Motoren, Pressemitteilung der Fa. John Deere, URL – <https://www.deere.de/de/motoren-und-antriebstechnik/stage-v/>, Stand 05.12.2017.
- [11] Dieselmotoren von Liebherr, Broschüre der Fa. Liebherr, Glassonprint BK BU-VM-DM-PLB1-0.15-11.17\_de.
- [12] MAN-Motoren für Baumaschinen der EU Abgasstufe V, URL – <https://www.engines.man.eu/global/de/off-road/bau-land-und-sondermaschinen/imfokus/Stage-V.html>, Stand 21.12.2017.
- [13] Produktprogramm: MAN Motoren für Land- und Baumaschinen, URL – <https://www.engines.man.eu/global/de/off-road/bau-land-und-sondermaschinen/produktprogramm/Produktprogramm.html>, Stand 21.12.2017.
- [14] Rolls Royce liefert MTU-Motoren für Claas, top agrar ONLINE, URL – <https://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Rolls-Royce-liefert-MTU-Motoren-fuer-Claas-7163638.html> vom 23.01.2017.
- [15] EU Stage V standards, URL – [https://www.perkins.com/en\\_GB/products/emissions\\_technology/emissions/stage-v-standards/stage-v-ontrack.html](https://www.perkins.com/en_GB/products/emissions_technology/emissions/stage-v-standards/stage-v-ontrack.html), Stand 21.12.2017.

- [16] The Stage V Challenge, Broschüre der Fiat Power Train Industrial S.p.A, URL – [http://www.fptindustrial.com/global/en/Documents/Leaflet\\_Stage\\_V\\_ENG\\_03-2016\\_web.pdf](http://www.fptindustrial.com/global/en/Documents/Leaflet_Stage_V_ENG_03-2016_web.pdf), Stand 31.03.2016.
- [17] Schraml, S. et al.: Hochintegrierte Abgasnachbehandlungssysteme in Heavy-Duty-Applikationen, ATZoffhighway 10 (2017) H. 4, S. 38-42.
- [18] Katsaounis, E. et al.: The Challenges of an after treatment system for Stage V with SCR-F, 4. Internationaler Motorenkongress, Baden-Baden, 21. und 22. Februar 2017.
- [19] Liebherr und Deutz unterzeichnen Kooperationsvertrag für den Vertrieb und Service von Dieselmotoren, Pressemitteilung der Fa. Liebherr vom 30.08.2017, Internet: URL – <https://www.liebherr.com/de/che/aktuelles/news-pressemitteilungen/detail/liebherr-und-deutz-unterzeichnen-kooperationsvertrag-f%C3%BCr-vertrieb-und-service-von-dieselmotoren.html>.
- [20] Agritechnica: MAN Engines präsentiert Weltneuheit für Landmaschinen und Kraft-Wärme\_Kopplung, 04.08.2017, URL – [https://www.engines.man.eu/global/de/ueber-man-engines/news/Agritechnica\\_-MAN-Engines-praesentiert-Weltneuheiten-fuer-Landmaschinen-und-Kraft-Waerme-Kopplung-297155.html](https://www.engines.man.eu/global/de/ueber-man-engines/news/Agritechnica_-MAN-Engines-praesentiert-Weltneuheiten-fuer-Landmaschinen-und-Kraft-Waerme-Kopplung-297155.html).
- [21] Cummins stellt neuen tragenden B6.7-Motor auf der Agritechnica vor, URL – <https://cumminseurope.com/node/352>, Stand 21.12.2017.
- [22] Ays, I., Engelmann, D. und Geimer, M.: Flüssiges Methan als alternativer Energieträger für mobile Arbeitsmaschinen, 6. Fachtagung Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruhe, 15.02.2017. In: Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Bd. 50, S. 125-143. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2017
- [23] Methan-Traktor. Zukunftsvision von New Holland, profi online, Mitteilung vom 30.08.2017, URL – <https://www.profi.de/news/Methan-Traktor-Zukunftsvisionen-von-New-Holland-8454507.html>.
- [24] DEUTZ Erdgasmotor für Traktoren auf den ersten bundesweiten Öko-Feldtagen, Pressemitteilung vom 22.06.2017, URL – <https://www.deutz.com/media/pressemitteilungen/deutz-erdgasmotor-fuer-traktoren-auf-den-ersten-bundesweiten-oeko-feldtagen/>.
- [25] Hannukainen, P. und Aman, R.: Biomethane as tractor fuel - Opportunities for customer, manufacturer or climate, LAND.TECHNIK-AgEng Hannover 10./11.11.2017. In: VDI-Berichte 2300, S. 355-365. Düsseldorf, VDI-Verlag 2017.
- [26] Weberbeck, L. et al.: Verflüssigtes Erdgas in mobile Arbeitsmaschinen. ATZoffhighway 9 (2016) H. 4, S. 40-46.
- [27] Stirnimann, R. und Engelmann, D.: Entwicklung bei Traktormotoren in den letzten 20 Jahren. ATZoffhighway 10 (2017) H. 4, S. 70-77.
- [28] Matthies, H.J. und Renius, K.Th.: Einführung in die Ölhydraulik, 8. Auflage, S. 258. Wiesbaden: Springer-Vieweg 2014.
- [29] Mariutti, H.: Lastkollektive für die Fahrtriebe von Traktoren mit Bandlaufwerken. Diss. TU München 2002. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12, Nr. 530. Düsseldorf: VDI-Verlag 2003.

- [30] Renius, K.Th. und Stirnimann, R.: Traktoren 2016/2017. ATZoffhighway 10 (2017) H. 4, S. 8-17.
- [31] Jacobs, G.; Strassburger, F. und Pelger, C.: Leistungsverzweigte Antriebe mit mechanischem Variator für kleine, mobile Maschinen. In: VDI-Berichte 2276, S. 605-613. Düsseldorf: VDI-Verlag 2016.
- [32] Himmelsbach, R.; Volpert, B. und Grad, K.: Electrified Front-Wheel Drive Concepts for Tractors Designed for Improved Traction Functions. In: VDI-Berichte 2300, S. 31-37. Düsseldorf: VDI-Verlag 2017.
- [33] Breu, W. und Pichlmaier, B.: Electrified Utility Tractor. In: VDI-Berichte 2300, S. 9-14. Düsseldorf, VDI-Verlag 2017.
- [34] Woopen, Th.: Teilhybridisierter adaptiver Antriebsstrang für allradangetriebene Acker-schlepper. ATZoffhighway, 10 (2017) H. 2 S. 8-13.
- [35] Karner, J. et al.: Definition of a test method to evaluate vibrations acting on a tractor driver. In: VDI-Berichte 2300, S. 255-262. Düsseldorf, VDI-Verlag 2017.
- [36] Brinkschulte, L. et al.: MOBIL - Eine auf mobile Arbeitsmaschinen optimierte Prüfme-thode. Tagg. Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, 15. Februar 2017. In: Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Bd. 50, S. 173-194. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2017.
- [37] Balbach, F.; Nacke, E. und Böttinger, S.: Method for load-based evaluation of machines using the example of a tractor. In: VDI-Berichte 2300, S. 521-528. Düsseldorf: VDI-Verlag 2017.
- [38] Pfab, H.; Altenberger, F. und Gappmaier, R.: Flottenauswertung zur Optimierung des Maschineneinsatzes. Tagg. Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeits-maschinen, 15. Februar 2017. In: Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Bd. 50, S. 163-172. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2017.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information****Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 26.01.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Geimer, Marcus; Renius, Karl Theodor; Stirnimann, Roger: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151435>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/motor-getriebe.html>

---

## **Reifen / Reifen-Boden-Interaktion**

Alexander Bürger und Stefan Böttinger  
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

### **Kurzfassung**

Es existieren unterschiedliche Herangehensweisen zur Optimierung der Reifen-Boden-Interaktion. Auf der einen Seite werden weiterhin neue verbesserte Reifen, Raupenlaufwerke und Maschinensysteme vorgestellt. Auf der anderen Seite entstehen vermehrt Systeme zur Optimierung vorhandener technischer Gegebenheiten mit dem Ziel, den Anwender zu entlasten und nötige Einstellungen zu automatisieren. Der Fortschritt in der Simulationstechnologie fördert außerdem das zur Optimierung benötigte Verständnis der Kraftübertragungsvorgänge zwischen Reifen und Boden.

### **Schlüsselwörter**

Ackerschlepperreifen, Raupenlaufwerk, Reifenkennlinien, Reifenmodelle, Bodenmodelle, Traktion, Bodenverdichtung

## **Tyres / Tyre-Soil-Interaction**

Alexander Bürger and Stefan Böttinger  
Institute of Agricultural Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart

### **Abstract**

Different approaches for the optimisation of the tyre-soil-interaction exist. On the one hand, new improved tyres, tracks and machinery systems are introduced. On the other hand, systems for the optimisation of existing technical solutions are increasingly developed with the aim to relieve the driver and automatize required adjustments. Additionally, the progress in simulation technology boosts the required understanding of the force transmission between tyre and soil.

### **Keywords**

Farm tractor tyres, rubber track, tyre performance, tyre modelling, soil modelling, traction, soil compaction

## Entwicklungen

Die Entwicklung von Reifen und Raupenfahrwerken wird durch verschiedene Treiber beeinflusst. Hauptaufgabe von Reifen und Laufwerk an der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Boden bleibt weiterhin die effiziente Übertragung von Trieb-, Brems- und Seitenführungskräften. Ein gesteigertes Bewusstsein für den Einfluss schwerer Maschinen auf die Leistungsfähigkeit des Bodens sorgt für Entwicklungen im Bereich Bodenschonung. Da die gesetzlichen Anforderungen an die Schwingungsisolierung des Fahrers zunehmen, werden Reifen und Laufwerke in Bezug auf die Schwingungseinleitung in das Fahrzeug optimiert. Der allgemeine Trend der Digitalisierung erhält auch im Bereich von Reifen und Laufwerken Einzug. So werden beispielsweise Sensoren genutzt, um Informationen über den Zustand des Reifens oder des Laufwerks zu ermitteln oder diese in Regelungsprozesse zur Effizienzerhöhung einzubinden.

Michelin stellte zum bereits im letzten Jahrbuch vorgestellten [1] und auf der SIMA 2017 mit einer Goldmedaille prämierten Michelin EvoBib Reifen der Dimension 710/70 R 42 erste Messergebnisse im Vergleich mit einem Michelin MachXBib Reifen der gleichen Dimension vor [2]. Es zeigt sich bei gleicher Radlast und gleichem Reifeninnendruck eine Vergrößerung der Kontaktfläche um 20 %. Gleichzeitig nimmt der Triebkraftbeiwert  $\kappa$  im Schlupfbereich zwischen 5 und 15 % nach Herstellerangaben um 20 bis 50 % zu. Der innere Rollwiderstand des Michelin EvoBib ist durch die reduzierte Kontaktfläche bei Straßenfahrt um 15 % reduziert. Durch die zusätzlichen Stollen in der Reifenlängsebene werden außerdem weniger Schwingungen in das Fahrzeug eingeleitet und die Lenkstabilität erhöht. Um sein volles Potential nutzen zu können, wird für den EvoBib eine Reifendruckregelanlage benötigt. Durch die Übernahme der PTG Reifendruckregelsysteme GmbH ist Michelin in der Lage, vollständige Räder einschließlich einer integrierten Reifendruckregelanlage anzubieten [3]. Nokian zeigte auf der Agritechnica 2017 in Hannover mit dem Nokian Concept Tyre ein ähnliches Konzept [4].

Weiterhin bietet Michelin mit dem RoadBib einen Reifen speziell für hohe Anteile von Transportfahrten auf der Straße an, der auch ohne Reifendruckregelanlage den Rollwiderstand sowie die Schwingungsanregung reduziert [5]. Messungen der Fachhochschule Kiel zeigen unter guten Bodenbedingungen, dass diese sogenannten Industriereifen (Nokian TRI 2) auch bei schweren Zugarbeiten im gleichen Schlupfbereich arbeiten wie ein vergleichbarer Reifen mit gängigen Traktionsstollen (Trelleborg TM900 High Power) [6]. Damit haben die beiden verglichenen Reifen nahezu den gleichen Kraftstoffverbrauch. Vor allem in tieferen Bereichen reduziert sich durch den Industriereifen außerdem der Bodendruck.

Nach Übernahme von Mitas kündigte Trelleborg die Weiterentwicklung des PneuTrac mit Fokus auf Einsätze in Weinbergen und Obstplantagen an [7]. Dabei wird eine erhöhte Seitenstabilität vor allem bei Arbeiten am Hang im Vergleich zu Standardreifen betont. Auf der Agritechnica zeigte Continental erstmalig zwei neu entwickelte Reifenbaureihen mit Querschnittsverhältnissen von 70 % (Tractor 70) und 85 % (Tractor 85) [8]. Diese sind zurzeit in Dimensionen bis 520/70 R 38 und 520/85 R 38 erhältlich. Neben Continental steigt auch Pirelli wieder in den Markt der Landwirtschaftsreifen ein und hat mit dem PHP einen neuen Reifen mit einem breiten Angebotsspektrum zwischen 26 und 46 Zoll vorgestellt [9]. Vredestein entwickelt mit dem

Traxion Optimal seine VF-Technologie (very high flexion) für den Einsatz besonders an leistungsstarken Traktoren weiter. Bei gleicher Radlast und gleichem Reifeninnendruck besitzt dieser Reifen im Vergleich zu einem herkömmlichen VF-Reifen eine 15 % und im Vergleich zu einem IF-Reifen (increased flexion) eine 25 % größere Aufstandsfläche [10]. Dadurch werden die Traktion und die Flächenleistung erhöht sowie der Kraftstoffverbrauch reduziert.

Allgemein wird verstärkt das Potential von Reifen und Laufwerken zur Optimierung der Maschineneffizienz erkannt [11]. Neben neuen konstruktiven Ansätzen werden vermehrt Sensoren eingesetzt, um den Reifen-, Fahr- oder Bodenzustand zu erfassen. Temperatursensoren im Laufband des Raupenlaufwerkes können beispielsweise bei hohen Temperaturen Warnungen bezüglich des Verschleißes ausgeben [12]. Trelleborg hat mit ConnectTire einen in Reifen und Felge integrierten Sensor vorgestellt, der über Bluetooth oder Mobilfunk mit dem Fahrzeug kommuniziert [13]. Er erfasst kontinuierlich Reifeninnendruck und Temperatur und wird außerdem zur Überwachung des Schlupfes zwischen Reifen und Felge eingesetzt.



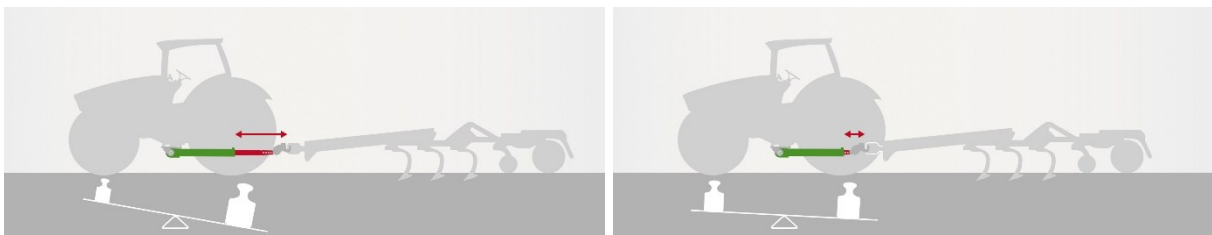
**Bild 1:** Verkürzung der Lauffläche zur Schonung der Grasnarbe bei Wendevorgängen [14]

**Figure 1:** Reduction of the bearing surface to prevent the turf from damage during turning [14]

Raupenlaufwerke bieten bei hohem Zugkraftbedarf Vorteile im Traktionsverhalten. Außerdem leisten sie durch ihre größeren Aufstandsflächen im Vergleich zu Reifen einen Beitrag zur Bodenschonung. Dies gilt nur für eine moderate Erhöhung der Gesamtmasse durch das zusätzliche Gewicht der Laufwerke. Auf der Agritechnica waren vermehrt Traktoren, selbstfahrende Erntemaschinen und Anhänger mit Raupenlaufwerken ausgestattet. Claas bietet neben Mähdreschern nun auch Feldhäcksler und Traktoren in der oberen Leistungsklasse mit dem Rau-

penlaufwerk TerraTrac an [15]. Um die Grasnarbe im Vorgewende beim Einsatz des Feldhäckslers im Grünland zu schonen, werden die Stützrollen beim Wenden belastet, um die vordere Umlenkrolle auszuheben, **Bild 1**. Dadurch wird die Aufstandsfläche verkürzt und ein Abscheren der Grasnarbe reduziert. Bodendruck und Scherung der Grasnarbe entsprechen bei ausgehobener Umlenkrolle in etwa einer vergleichbaren Bereifung. In einem Projekt mit Hawe hat Claas Industrietechnik außerdem einen Überladewagen mit einem angetriebenen Raupenlaufwerk ausgestattet [16]. Dieses Konzept wurde bereits 2015 vorgestellt und befindet sich nun in der Felderprobung. Fendt bietet im oberen Leistungsbereich Traktoren mit Vollraupen und hydrostatisch-leistungsverzweigten Getrieben an, um die Effizienzvorteile bei hohen Triebkraftbeiwerten (z.B. bei schwerer Bodenbearbeitung) zu nutzen [17].

Ein weiterer Ansatz, um die Effizienz der Reifen-Boden-Interaktion zu beeinflussen, ist die Optimierung bestehender Maschinenkombinationen und Laufwerkssysteme. John Deere wurde auf der Agritechnica für das EZ Ballast Wheel System mit einer Silbermedaille ausgezeichnet [18]. Das System ermöglicht einem einzelnen Bediener die werkzeuglose Montage von Gewichtsscheiben in den Vorder- und Hinterradfelgen. Dabei werden die Anbauräume an der Front und im Heck des Traktors nicht blockiert. Durch die Modularität der 250 kg Gewichte wird eine Ballastierung entsprechend des Einsatzzweckes ermöglicht, unnötige Bodenbelastung reduziert und die Traktion optimiert. Fendt hat mit dem VarioPull ein weiteres System zur Optimierung der Traktion und der Bodenschonung vorgestellt [19]. Dazu wird der Stützpunkt des aufgesattelten Gerätes bei der Arbeitsfahrt hydromechanisch zur Hinterachse hin verschoben. Diese Verschiebung resultiert in einer Reduktion der Entlastung der Vorderachse, **Bild 2**. Dadurch wird das vorhandene Einsatzgewicht des Traktors ohne zusätzliche Ballastgewichte besser zur Traktion eingesetzt. Claas präsentierte mit dem Cemos für Traktoren ein Fahrerassistenzsystem zur gesamtheitlichen Optimierung von Traktoren und Anbaugeräten bezüglich Leistung, Effizienz, Bodenschonung und Arbeitsqualität [20].



**Bild 2:** Verschiebung des Stützpunktes zur Verringerung der Entlastung der Vorderachse [19]

**Figure 2:** Adjustment of the supporting point to reduce the unloading of the front axle [19]

## Messungen

Im Bereich der Reifen-Boden-Interaktion werden verschiedene Messungen durchgeführt. Messungen am einzelnen Rad haben zum Ziel, das externe und interne Kraftübertragungsverhalten von Reifen oder Raupenlaufwerk zu untersuchen. Hierzu zählen zum Beispiel Triebkraft-Schlupf-Messungen oder Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Messungen. Reine Bodenmessungen dienen zur Charakterisierung der Bodeneigenschaften. Gesamtfahrzeugmessungen werden hauptsächlich zur Bewertung der Traktion von Maschinensystemen sowie ihren Eigenschaften bezüglich Fahrsicherheit und Fahrkomfort eingesetzt.



Das Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) in Clermont-Ferrand, Frankreich, verfügt über eine Einzelradmesseinrichtung zur Untersuchung der Effizienz der Triebkraftübertragung zwischen Reifen und Boden sowie der Bodenschonung [21]. Zusätzlich zur Kraftmessung wird parallel aus dem Reifeninneren die Verformung des Reifens ermittelt. Zusammen mit Penetrometermessungen und einer optischen Vermessung der resultierenden Fahrspur wird die Messmethode zur Validierung von Reifen-Boden-Modellen und zum allgemeinen Verständnis der Reifen-Boden-Interaktion eingesetzt. Auf Basis der am Irstea eingesetzten Messeinrichtung wird in Kooperation mit dem NARIC (National Agricultural Research and Innovation Center) in Gödöllő, Ungarn, eine neue Einzelradmesseinrichtung für Triebkraftuntersuchungen entwickelt [22]. Diese soll Reifen mit bis zu 2,5 m Durchmesser und 0,9 m Breite bei einer Radlast von bis zu 120 kN und einem Schlupf von bis zu 40 % vermessen können.

Durch Einsatz eines Kraftmessrahmens, der am Heckhubwerk eines Traktors zur Ermittlung der durch ein Bremsfahrzeug aufgebrachten Zugkräfte angebaut wird, kann die Triebkraftbeiwert-Schlupf-Charakteristik des gesamten Fahrzeuges sowie eines einzelnen angetriebenen Hinterrades praktikabel ermittelt werden [23]. Die Ergebnisse wurden mit Messungen an Kraftmessfelgen validiert. Ein solcher Messaufbau reduziert den Aufwand zur Ermittlung dieser Kennlinien und ist flexibel an verschiedenen Fahrzeugen mit verschiedenen Laufwerken einsetzbar.

An der University of Pretoria werden Systeme aus einfachen Stereokameras innerhalb und außerhalb eines Reifens eingesetzt, um Antriebs- und Bremsschlupf, Schräglaufwinkel und Rollradius in Echtzeit zu messen und verschiedenen Regelsystemen (z.B. ABS) als Regelgröße bereitzustellen [24; 25]. Zur Untersuchung einzelner SUV-Reifen in Zusammenhang mit solchen Systemen wurde dort ein gezogener Messanhänger aufgebaut [26].

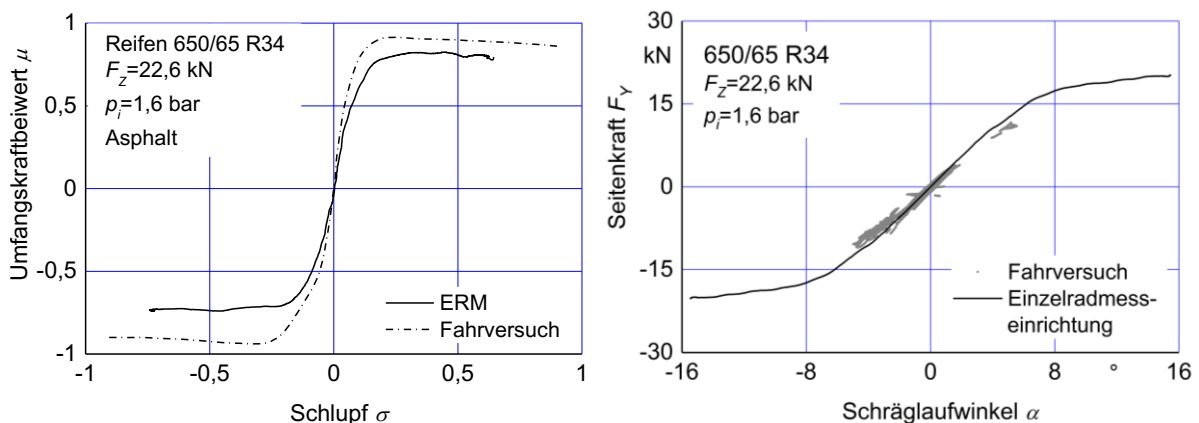
Der dynamische Rollradius eines Reifens ist ebenfalls eine Eingangsgröße für viele Regelsysteme. Am Advanced Vehicle Dynamics Laboratory (AVDL) der Virginia Polytechnic Institute and State University in Blacksburg, USA, wurden Untersuchungen zum Unterschied des dynamischen Rollradius auf festen und nachgiebigen Fahrbahnen angestellt. Größte dynamische Rollradien zeigen sich für sehr nachgiebigen Boden und hohe Reifeninnendrucke. [27]

Die vertikale Steifigkeit eines Reifens hat einen großen Einfluss auf seine Federungseigenschaften. Die VDG (Vehicle Dynamics Group) der University of Pretoria untersuchte den Einfluss der Reifenalterung auf diese Größe [28]. Dazu wurde ein SUV-Reifen künstlich über 8 Wochen in einem Ofen gealtert. Die Shore A Härte der Reifenseitenwand steigt während dieser Prozedur schnell an. Die vertikale Steifigkeit - gemessen an einem stehenden Reifen - zeigt im Untersuchungszeitraum jedoch nur eine Änderung von 5 %. Offen bleibt, wie sich die Steifigkeiten an rollenden Reifen verändern. Am ifa (Institut für Kraftfahrzeuge Aachen) wurde eine Methode zur Übertragung der Eigenschaften rollender Reifen auf einen vertikaldynamischen Achsprüfstand für Lkw-Reifen entwickelt [29]. Auch die vertikalen Feder- und Biegesteifigkeiten von Gummibändern an Raupenlaufwerken wurden zur Bewertung der Verluste durch das viskoelastische Verhalten messtechnisch untersucht [30].



Zur Ermittlung von Reifenkennlinien werden auch mit Messfelgen ausgestattete Versuchsfahrzeuge verwendet. Am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim wurde dazu ein Traktor mit Reifengrößen von 650/65 R 34 und 710/75 R 42 mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet [31]. Im Vergleich zu Messungen an einer Einzelradmesseinrichtung (ERM) können auch anhand von Fahrversuchen am Gesamtfahrzeug stationäre Zugkraft-Schlupf und Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Kennlinien mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, **Bild 3**. Abweichungen treten vor allem durch unterschiedliche Fahrbahnbeläge auf. Die Aufnahme transientser Verläufe im Fahrversuch ist mit einfachen Mitteln nicht möglich. An der National Defense Academy of Japan wurden ähnliche Fahrversuche an einem messtechnisch ausgestatteten Geländewagen durchgeführt [32]. Zur Bestimmung der Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Kennlinien wird zusätzlich der Einfluss der Sturzseitenkraft berücksichtigt.

Traktorreifen zeigen im Vergleich zu Pkw- oder Lkw-Reifen bereits bei niedrigeren Frequenzen erste Eigenformen. Untersuchungen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim zeigen bis zu 15 Eigenmoden im Frequenzbereich von 0 bis 80 Hz an einem Reifen der Dimension 520/70 R 38. Diese Moden werden sowohl am einzelnen, frei schwingenden Rad als auch in einem Flachbandprüfstand und an einem am Versuchstraktor montierten Rad ermittelt. Sie haben somit einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Einleitung von Schwingungen in das Fahrzeug. [33]



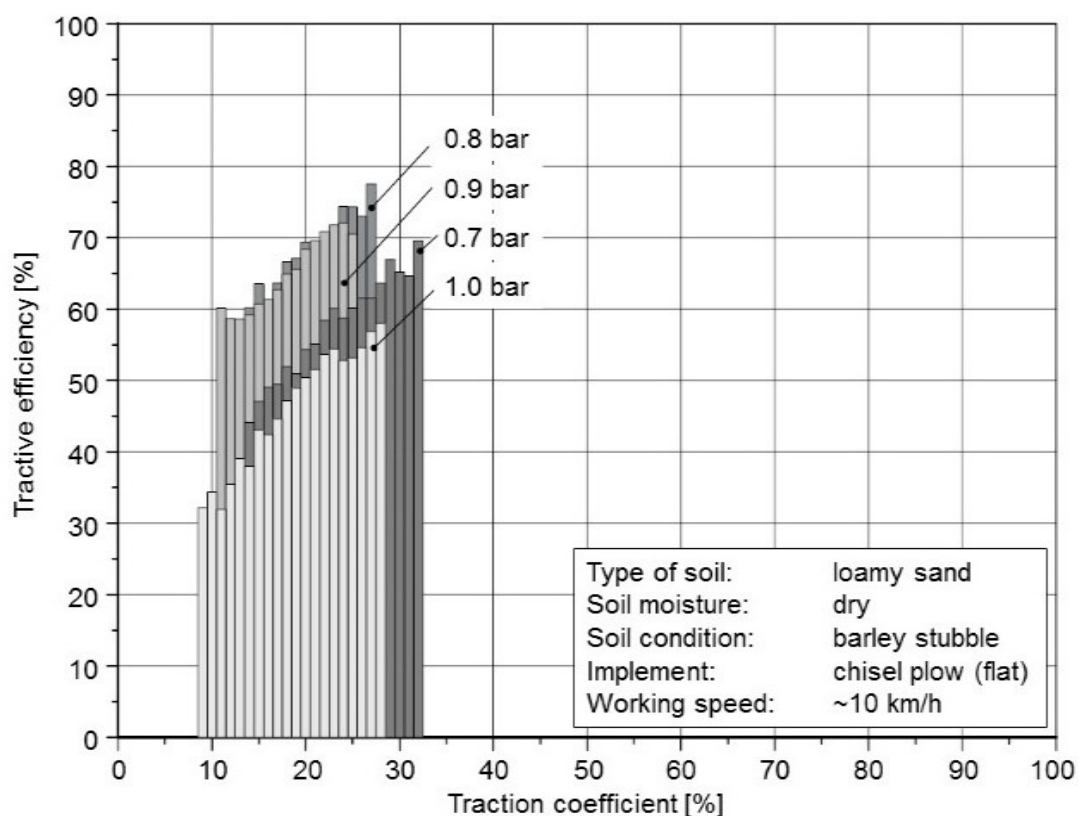
**Bild 3:** Vergleich zwischen Umfangskraftbeiwert-Schlupf- (links) und Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Messungen (rechts) am Gesamtfahrzeug und am Einzelreifen [31]

**Figure 3:** Comparison of tangential force coefficient-slip- (left) and lateral force-side slip-measurements (right) on a whole vehicle and on a single wheel [31]

Vor allem im Bereich der autonomen Navigation hat die Ermittlung von Bodenkennwerten zur Sicherstellung der Mobilität eine große Bedeutung. So können die Fahrbahnoberflächen Asphalt, Beton, Grünland und Ackerboden durch Auswertung der Signale eines Winkelencoders zur Bestimmung des Reifenschlupfes und eines in die Lauffläche des Reifens integrierten triaxialen Beschleunigungssensors zugeordnet werden [34]. Eine Erweiterung der Sensorik um Drehmomentaufnehmer und eine Stereo-Farbkamera führt zu einer Zuverlässigkeitserhöhung der Bodenklassierung [35].

Zur Beurteilung des Bodens werden häufig auch die Fahrspuren hinter dem Reifen oder Laufwerk herangezogen. An der University of Pretoria wurde ein Algorithmus zur Auswertung der von verschiedenen Stereokameras aufgenommenen Bilder entwickelt [36]. Dieser setzt die Verformung der Reifeninnenkontur eines rollenden Reifens mit der Verformung des Bodens in Bezug, um Aussagen über das plastische und elastische Verformungsverhalten des Bodens zu treffen. Die vorgestellten Untersuchungen basieren auf SUV-Reifen. Dass dieses Vorgehen auch bei größeren Reifen anwendbar ist, wurde in Untersuchungen an der Michigan Technological University durch die Ermittlung der Aufstandsfläche, der Spurtiefe und des verformten Volumens eines Traktorreifens mit Hilfe einer handelsüblichen Kamera gezeigt [37].

Die Kraftübertragung am Einzelreifen oder am einzelnen Laufwerk dient letztendlich zur Aufprägung bestimmter Kräfte auf ein Fahrzeug. Auch an diesem werden entsprechende Messungen von Fahrzustandsgrößen vorgenommen, die durch das Laufwerk beeinflusst werden. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit von Traktionsmessungen auf unterschiedlichen Böden wird am NARIC in Gödöllő, Ungarn, ein Bremsfahrzeug mit einem elektronisch regelbaren hydrostatischen Getriebe eingesetzt [38]. Der Fokus dieses Messfahrzeuges liegt auf der Untersuchung der Traktion in Fahrzeuginnenrichtung.



**Bild 4:** Abhängigkeit des Laufwerkwirkungsgrades vom Reifeninnendruck [39]

**Figure 4:** Influence of the tyre inflation pressure on the efficiency of the running gear [39]

Ein bereits 2015 vorgestelltes und in die Hinterachse eines Traktors integriertes Sensorkonzept zur Messung dynamischer Radlasten wurde zusammen mit einem Drucksensor zur Bestimmung der Vorderachslast an einem Versuchstraktor implementiert [40]. Bei Feldmessungen im Bereich der Bodenbearbeitung wurde der Messaufbau zur Untersuchung des Einflusses des Reifeninnendruckes auf den Wirkungsgrad der Kraftübertragung in der Reifen-Boden-Schnittstelle eingesetzt [39]. Es zeigt sich, dass das Wirkungsgradoptimum nicht bei minimalem Reifeninnendruck vorliegt, **Bild 4**.

## **Modellierung**

Die Simulation von Reifen und Laufwerken sowie ihrer Interaktion mit dem Boden hat verschiedene Ziele. Auf der einen Seite werden so zum Beispiel Traktionsbedingungen auf nachgiebigem Boden abgebildet. Dazu sind vor allem die Kraftübertragung zwischen Reifen und Boden sowie die Eigenschaften des Bodens von Bedeutung. Auf der anderen Seite werden Modelle zur Untersuchung der Fahrdynamik und des Fahrkomforts entwickelt. Diese Modelle müssen auch die Kraftübertragung innerhalb des Reifens oder Laufwerks abbilden. Beide Modellarten werden primär in der Entwicklung von Reifen, Raupenlaufwerken und Fahrzeugen eingesetzt. Zusätzlich existieren anwenderorientierte Modelle, die beispielsweise die Berechnung der Kontaktflächengröße oder der resultierenden Druckverteilung im Boden ermöglichen.

Das am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim entwickelte Reifenmodell lässt sich valide sowohl für fahrdynamische als auch für fahrkomfortrelevante Untersuchungen einsetzen. Es bildet die dynamische Kraftübertragung zwischen Reifen und festen unebenen Fahrbahnen ab. So kann beispielsweise die Fahrdynamik eines Traktors anhand genormter Fahrversuche wie Sinuslenken oder einem Ausweichtest bewertet werden [41]. Mit dem gleichen Modell ist außerdem eine Bewertung der Schwingungsisolierung des Fahrers auf Versuchsstrecken wie einem ISO 5008 smoother track möglich [42].

Vermeehrt werden Reifenmodelle zur Simulation von Reifen auf mit Schnee oder Eis bedeckten Fahrbahnen entwickelt. Ihr Einsatz dient zum Beispiel zur Verbesserung des Verständnisses der Kraftübertragung zwischen Reifen und Eisfläche, die stark von der Temperaturverteilung im Reifenlatsch abhängt [43]. In den vorgestellten Untersuchungen wurde die Eisfläche empirisch modelliert. Eine Abbildung der Eigenschaften durch Modelle auf Basis der Diskreten Elemente Methode (DEM) ist deutlich komplexer und wird für einfache Systeme - z.B. zur Untersuchung einzelner Profilelemente - eingesetzt [44].

Reifenmodelle zur Anwendung in den Bereichen Fahrdynamik und Fahrkomfort stehen in einem Spannungsfeld zwischen Anwender - meist Fahrzeughersteller - und Reifenhersteller. Es existieren differenzierte Modelle für unterschiedliche Anwendungen. Eine vollständige Parametrierung dieser Modelle ist sehr aufwändig. Fahrzeughersteller sehen gerne die Reifenhersteller in der Pflicht, die Parameter für verschiedene Simulationsmodelle mit ihren Reifen zu liefern. Bei der Vielzahl der verfügbaren Reifen und Reifenmodelle ist diese Aufgabe von den Reifenherstellern jedoch nicht wirtschaftlich durchführbar. Auf der VDI-Tagung Reifen-Fahrwerk-Fahrbahn vom 25. bis 26.10.2017 in Hannover wurden die Anforderungen an Reifenmodelle der Zukunft zum Einsatz im Pkw- und Lkw-Bereich diskutiert [45]. Bestehende Modelle erfüllen zum Teil nur unzureichend Kriterien wie Skalierbarkeit, Rechenzeit und Genauigkeit.

Weiterhin basiert die Parametrierung oft nicht auf einheitlichen Standards. Die vorgestellten Ergebnisse lassen sich auf den Bereich landwirtschaftlich eingesetzter Fahrzeuge übertragen.

Die Modellierung nachgiebiger Böden rückt in den Fokus der Entwicklung. Der Boden wird dabei anhand von empirischen Zusammenhängen oder auf Basis der Finite Elemente Methode (FEM) oder Diskrete Elemente Methode (DEM) modelliert. Zur Verifizierung und Validierung dieser Modelle werden zunächst oft einfache Versuche wie die Beziehung zwischen Druck und Einsinkung herangezogen [46; 47]. Empirische Modelle, die für zu ihrer Entwicklungszeit bestehende Reifendimensionen entwickelt wurden, müssen auf ihre Gültigkeit für aktuelle, größere Dimensionen überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes EKoTech (Effiziente Kraftstoffnutzung der Agrartechnik) wird ein solcher empirischer Modellansatz [48] für aktuell verfügbare Reifendimensionen adaptiert [23]. Zur Parametrierung der verschiedenen Modelle zur Abbildung der Interaktion von Reifen und nachgiebigen Böden existieren unterschiedliche Methoden und Prüfstände. Die Modelle und zugehörigen Verfahren zur Parametrierung wurden in einer von der International Society for Terrain Vehicle Systems (ISTVS) finanzierten Arbeit zusammengefasst [49].

### **Bodenschonung**

Optimierungspotential in Bezug auf die Bodenschonung wird vor allem bei den Maschinen selbst gesehen. So wird weiterhin versucht, die Aufstandsfläche von Fahrzeugkombinationen durch den Einsatz von Raupenlaufwerken oder Reifendruckregelanlagen zu erhöhen. Claas bietet Raupenlaufwerke für fast alle selbstfahrenden Fahrzeuge an [15; 50]. Claas übernahm die Reifendruckregeltechnik von R&M Landtechniksysteme und bietet damit nun bodenschonende Technik aus einer Hand an [51].

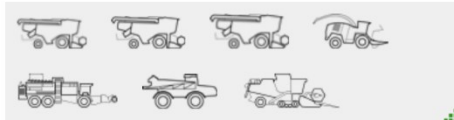
Einfache Zusammenhänge zwischen Achs- und Radlasten, dem Reifeninnendruck und der Tragfähigkeit des Bodens können genutzt werden, um die Auswirkung einer bestehenden Maschinenkonfiguration zu überprüfen und zu optimieren [52]. Diese Modelle sind teilweise auch für jeden Anwender verfügbar und ohne spezielle fachliche Kenntnisse nutzbar. Es existiert eine Methodik zur Berechnung des Soil Compaction Effect (SCE), der als Index zur Bewertung des Verdichtungsrisikos eines Reifens eingesetzt werden kann, jedoch zurzeit nicht von Reifenherstellern angewendet wird [53]. Zusätzlich zur Aufstandsfläche berechnet das frei verfügbare Modell Terranimo, **Bild 5**, die Druckverteilung unter Reifen oder Laufwerken in Abhängigkeit der Tiefe und gibt eine Einordnung der Gefährdung bezüglich möglicher Bodenschadverdichtungen aus [54; 55].

1. Maschine wählen ?

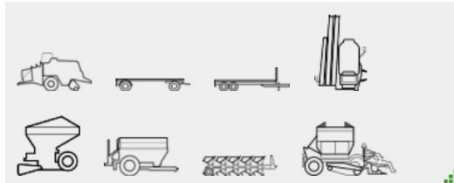
Traktoren



Selbstfahrende Geräte

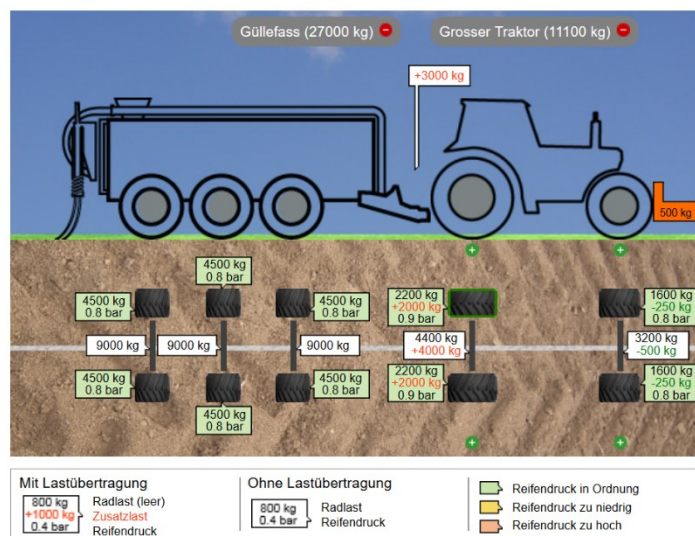


Anhänger



☒ Berechnung der Lastübertragung

Klicke auf eines der Reifensymbole, um dessen Rad, Radlast und Reifendruck zu verändern.



**Bild 5:** Bedienoberfläche von Terranimo zur Berechnung des Bodenverdichtungsrisikos [54]

**Figure 5:** Terranimo interface for the calculation of compaction risks [54]

Eine andere Möglichkeit zur Verbesserung der Bodenschonung ist die Optimierung des Prozesses. Der Ansatz des Controlled Traffic Farming (CTF) sieht vor, in der gesamten Fruchtfolge immer die gleichen, festgelegten Fahrspuren zu benutzen. Dadurch wird der Anteil der überrollten Fläche minimiert. Dieser Ansatz ist mit zurzeit erhältlichen Maschinen auch in Zentraleuropa umsetzbar und zielführend einsetzbar [56].

## Fachtagungen

Erstmals wurde am 25.02.2017 die 1st AXEMA-EurAgEng Conference in Villepinte, Frankreich, ausgerichtet. In diesem Rahmen wurden Bodenmodelle sowie Methoden zur Validierung von Reifen-Boden-Modellen vorgestellt.

Die International Society of Terrain Vehicle Systems (ISTVS) traf sich vom 25. bis 27.09.2017 in Budapest, Ungarn, zur kombinierten 19. internationalen und 14. regionalen Europäisch-Afrikanischen Konferenz [57]. 129 Teilnehmer diskutierten in 53 Vorträgen aktuelle Forschungsergebnisse aus den Bereichen Terramechanik, Modellierung der Reifen-Boden-Schnittstelle, Baumaschinen und extraterrestrische Fahrzeuge. Prof. Dr. György Sitkei fasste in der St. Christophorus Vorlesung die aktuellen Herausforderungen und Möglichkeiten der Terramechanik zusammen [58]. Auf der Exkursion im Rahmen der ISTVS-Konferenz wurde das Entwicklungszentrum der Rába Automotive Holding Plc. in Győr, Ungarn, sowie das Rába Testgelände in Écs, Ungarn, besichtigt.

Vor Eröffnung der Agrartechnica 2017 in Hannover fand traditionell die 75. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2017 mit mehr als 1000 Teilnehmern statt [59]. In einer Vielzahl der 75 Fachvorträge in 21 parallelen Sessions wurde die Laufwerk-Boden-Interaktion themati-

siert. Neben der Untersuchung von Fahrdynamik und Fahrkomfort liegt der Schwerpunkt vorgestellter Projekte immer stärker auf der Messung und Modellierung von Traktion und Effizienz.

### **Zusammenfassung**

Die Entwicklungen im Bereich Reifen und Raupenlaufwerken werden von steigenden Anforderungen bezüglich effizienter Kraftübertragung auf den Boden sowie bezüglich der Bodenschonung getrieben. Es existieren vielfältige technische Lösungen und methodische Ansätze, um diese Ziele zu erreichen. Hersteller fassen zunehmend Kompetenzen - zum Beispiel im Bereich Reifen und Reifendruckregelanlagen - zusammen, um ganzheitliche Lösungen anbieten zu können. Eine aktuelle Umfrage zur Verwendung von Reifen durch die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) zeigt jedoch, dass Technik und Verfahren nur bedingt eingesetzt werden [60]. Das liegt unter anderem an der Komplexität der Systeme aus Maschinen, Reifen bzw. Raupenlaufwerken und Boden. Anwenderfreundliche Werkzeuge wie Terranimo machen dem Anwender Forschungsergebnisse ohne notwendiges Fachwissen zugänglich. Die Verbreitung solcher Anwendungen muss gefördert werden, um eine ganzheitliche Optimierung der Reifen-Boden-Interaktion zu erreichen.

## **Literatur**

- [1] Bürger, A.; Böttinger, S. und Kutzbach, H. D.: Reifen - Reifen/Boden-Verhalten. In: Jahrbuch Agrartechnik 2016. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge 2017, S. 1–9.
- [2] Vervaet, P. und Gandillet, M.: '2 in 1 tire' technology to allow maximal efficiency of the transmission chain in both road and field usage. LAND.TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND.TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 447–452.
- [3] N.N.: Michelin übernimmt PTG und Teleflow - Der französische Hersteller wird zu einem führenden Anbieter von Reifendruckregelsystemen für die Landwirtschaft, Pressemitteilung, Michelin Reifenwerke AG & Co. KGaA. Hannover 12.11.2017.
- [4] N.N.: Nokian Tyres präsentiert Nokian Concept Tyre für Traktoren, Pressemitteilung, Nokian Tyres GmbH. Nürnberg 12.11.2017.
- [5] Feuerborn, B.: Michelin Roadbib: Neuer Landwirtschaftsreifen für die Straße. URL - <https://www.agrarheute.com/technik/traktoren/michelin-roadbib-neuer-landwirtschaftsreifen-fuer-strasse-535460>, Zugriff am: 29.11.2017.
- [6] profi: Industriereifen auch für den Acker. URL - <https://www.profi.de/news/Industriereifen-auch-fuer-den-Acker-8758898.html>, Zugriff am: 29.11.2017.
- [7] N.N.: Trelleborg kündigt PneuTrac an – eine neue Generation von Landwirtschaftsreifen, Pressemitteilung, Trelleborg Wheel Systems. Erbach 10.2017.
- [8] N.N.: Conti will wieder mitmischen. Agrartechnik (2017) H. 11, S. 119–122.
- [9] N.N.: Reifen-Schaufenster. Agrartechnik (2017) H. 11, S. 128–129.
- [10] Ai, A. und Conradi, N.: DLG-Prüfbericht 6800 - Vredestein Traxion Optimall. DLG-Prüfbericht (2017) H. 6800, S. 1–8.
- [11] N.N.: Intelligente Reifen. Agrartechnik (2017) H. 11, S. 124–127.
- [12] Deter, A.: Continental baut Agrargeschäft weiter aus. URL - <https://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Continental-baut-Agrargeschaft-weiter-aus-8684492.html>, Zugriff am: 29.11.2017.
- [13] N.N.: Trelleborg kündigt ConneCTire an – das clever konzipierte Rad für mehr Ertrag mit wenige Einsatz. Intelligent., Pressemitteilung, Trelleborg Wheel Systems. Erbach 10.2017.
- [14] CLAAS KGaA mbH: TERRA TRAC am JAGUAR. URL - <http://www.claas.de/faszination-claas/themen/terra-trac/jaguar>, Zugriff am: 06.12.2017.
- [15] Wilmer, H.: Claas auf Raup-Zug. profi - Magazin für professionelle Agrartechnik 29 (2017) H. 12, S. 52–54.
- [16] Brüse, C.: Der will nach vorne. profi - Magazin für professionelle Agrartechnik 29 (2017) H. 12, S. 82–83.
- [17] Krieger, S.; Schnur, E. und Brenninger, M. M.: The Potential of CVTs in Tracked Tractors around 400 hp. LAND.TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND.TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 135–142.

- [18] N.N.: Agritechnica 2017-Silbermedaille für EZ Ballast Wheel System von John Deere, Pressemitteilung, John Deere GmbH & Co. KG. Hannover 06.09.2017.
- [19] N.N.: Zwei Systeme zur Steigerung der Effizienz der Zugkraft - Fendt VarioPull: Eine richtungsweisende Innovation, Pressemitteilung, AGCO Fendt. Marktoberdorf 08.09.2017.
- [20] Meyer, L. und Noyer, P.: Holistic Tractor Setup and Optimization System - CLAAS Electronic Machine Optimization for the Tractor. LAND. TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND. TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 185–190.
- [21] Heritier, P.; Miclet, D.; Piron, E.; Chanut, M. und Lenain, R.: Tools and methods to develop and validate soil-wheel interaction model and knowledge. 1st AXEMA-EurAgEng Conference, 25.02.2017 Villepinte. In: 1st AXEMA-EurAgEng Conference, S. 1–10.
- [22] Szalay, K.; Kovács, L.; Bércesi, G.; Oldal, I.; Piron, E.; Charlet, J.; Joly, T.; Poncet, C. und Tran, F.: Agricultural Tire Energy Efficiency test method and dedicated equipment to measure the fuel consumption and traction of agricultural tires under real field conditions. LAND. TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND. TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 407–416.
- [23] Meiners, A.; Häberle, S. und Böttinger, S.: Advancement of the Hohenheim Tractor Model – Adaption on current demands. LAND. TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND. TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 245–254.
- [24] Botha, T. R.; Guthrie, A. G.; Jimenez, E.; Els, P. S. und Sandu, C.: Tyre Longitudinal Velocity and Slip Measurements from the Inside of a Tyre. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–10.
- [25] Johnson, D. K.; Botha, T. R. und Els, P. S.: Real-Time Slip Angle Measurements Using Digital Image Correlation. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–8.
- [26] Žuraulis, V.; van der Merwe, Nico A.; Scholtz, O. und Els, P. S.: Modelling and Validation of a Testing Trailer for ABS and Tyre Interaction on Rough Terrain. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–9.
- [27] He, R.; Sandu, C. und Osorio, J. E.: Investigating the Difference of the Effective Rolling Radius of a Tire on a Soft Soil and a Rigid Surface. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–16.



- [28] Wright, K. R.S. und Els, P. S.: The Effects of Age on the Stiffness Properties of a SUV Tyre. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–7.
- [29] Winkler, T.; Friedrichs, J.; Wegener, D. und Eckstein, L.: Übertragung rollender Reifeneigenschaften auf einen stationären vertikaldynamischen Achsenprüfstand. 16. Internationale VDI-Tagung Reifen-Fahrwerk-Fahrbahn 2017 mit Fachausstellung, 5. VDI-Fachkonferenz Innovative Bremstechnik, 25./26.10.2017 Hannover. In: 16. Internationale VDI-Tagung Reifen-Fahrwerk-Fahrbahn 2017 mit Fachausstellung. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 135–146.
- [30] Dudziński, P. und Chołodowski, J.: On Internal Resistance of Rubber Track Systems. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–14.
- [31] Schulze Zumkley, H.: Reifenparameterermittlung aus Fahrversuchen mit einem Ackerschlepper unter besonderer Berücksichtigung des Hohenheimer Reifenmodells. Dissertation, Universität Stuttgart, 2016. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 571. Aachen: Shaker Verlag 2017.
- [32] Yamakawa, J.; Enari, A.; Eto, R. und Soe, T. P.: Measurement of Tire Characteristics Travelling in Actual Ground Environment with an Instrumented Vehicle. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–9.
- [33] Brinkmann, C.: Experimental investigations on tractor tire vibration properties. Dissertation, Universität Stuttgart, 2016. Forschungsbericht Agrartechnik des Fachausschusses Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 573. Aachen: Shaker Verlag 2017.
- [34] Khaleghian, S. und Taheri, S.: Terrain classification using intelligent tire. *Journal of Terramechanics* 71 (2017), S. 15–24.
- [35] Reina, G.; Milella, A. und Galati, R.: Terrain assessment for precision agriculture using vehicle dynamic modelling. *Biosystems Engineering* 162 (2017), S. 124–139.
- [36] Guthrie, A. G.; Botha, T. R.; Jiminez, E.; Els, P. S. und Sandu, C.: Dynamic 3D Measurement of Tyre-Terrain Interaction. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–10.
- [37] Kenarsari, A. E.; Vitton, S. J. und Beard, J. E.: Creating 3D models of tractor tire footprints using close-range digital photogrammetry. *Journal of Terramechanics* 74 (2017), S. 1–11.

- [38] Bércesi, G.; Bablena, A.; Kovács, L. und Szalay, K.: Dynamometer Vehicle for Field Tests in Agricultural Machinery. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–7.
- [39] Wieckhorst, J.; Fedde, T. und Frerichs, L.: A Traction Field Test – Real Time Tire Soil Parameters of a Tractor in Tillage Applications. LAND. TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND. TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 431–438.
- [40] Peeters, M.; Kloster, V.; Fedde, T. und Frerichs, L.: Integrated wheel load measurement for tractors. LAND. TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND. TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 423–430.
- [41] Bürger, A. und Böttinger, S.: Modelling of high volume agricultural tyres for driving dynamics investigations. 17th Stuttgart International Symposium, 14./15.03. Stuttgart. In: 17th Stuttgart International Symposium. Wiesbaden: Springer Vieweg 2017, S. 91–106.
- [42] Bürger, A. und Böttinger, S.: Driving comfort analysis of an agricultural tractor with the Hohenheim Tyre Model on complex tracks. LAND. TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND. TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 263–272.
- [43] Jiminez, E. und Sandu, C.: Advanced Tire-Ice Interface Model for Pneumatic Tire Performance. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–18.
- [44] Theile, T. C.; Szabó, D.; Schneebeli, M.; Kaji, Y.; Hagiwara, K. und Hatanaka, S.: Discrete Element Snow Model for Impact Loading. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–4.
- [45] Selig, M.; Meyer, M.; Petry, F. und Westermann, S.: Reifensimulationsmodelle der Zukunft - Tire Simulation Models of the Future. 16. Internationale VDI-Tagung Reifen-Fahrwerk-Fahrbahn 2017 mit Fachausstellung, 5. VDI-Fachkonferenz Innovative Bremstechnik, 25./26.10.2017 Hannover. In: 16. Internationale VDI-Tagung Reifen-Fahrwerk-Fahrbahn 2017 mit Fachausstellung. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 33–46.
- [46] Nakashima, H.; Nakanishi, R.; Shimizu, H.; Miyasaka, J. und Ohdoi, K.: Pressure-Sinkage Relationship of an Artificial Soil Model. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–8.
- [47] Vennik, K.; Keller, T.; Kukk, P.; Krebstein, K. und Reintam, E.: Soil rut depth prediction based on soil strength measurements on typical Estonian soils. Biosystems Engineering 163 (2017), S. 78–86.

- [48] Schreiber, M.: Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern im besonderen Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dissertation, Universität Hohenheim, 2006. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 442. Aachen: Shaker Verlag 2006.
- [49] He, R.; Khan, A. K.; Guthrie, A. G.; Sandu, C. und Els, P. S.: A Technical Survey on Terminology, Testing Methodologies and Equipment Used in Modeling and Parameterization of Soft Soil for Vehicular Applications. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–39.
- [50] Haussmann, F. und Obermeier-Hartmann, R.: The CLAAS AXION 900 TERRA TRAC Product Range - Benefits of the CLAAS Axion 900 halftrack tractor concept equipped with CLAAS Big Driver Terra Trac. LAND.TECHNIK AgEng 2017, 10./11.11.2017 Hannover. In: LAND.TECHNIK AgEng 2017. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, S. 127–134.
- [51] N.N.: CLAAS investiert in Reifendruckregeltechnologie, Pressemitteilung, CLAAS KGaA mbH. Harsewinkel 10.2017.
- [52] Pillinger, G.; Máthé, L. und Kiss, P.: Some Aspects of Pressure Regulation in Pneumatic Tractor Tyres. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–6.
- [53] Prikner, P.; Grečenko, A. und Pražan, R.: Application of Tire Rating with Aim to Implement the Matter on Agricultural Tires. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–12.
- [54] Berner Fachhochschule: Berechnung des Bodenverdichtungsrisikos. URL - <http://www.terranimoworld/CH/expert/Default.aspx>, Zugriff am: 14.12.2017.
- [55] Eder, J.: Gegen Bodenverdichtung: Mit Terranimo Reifen und Radlast checken. URL - <https://www.agrarheute.com/technik/gegen-bodenverdichtung-terranimoworld-reifen-radlast-checken-531732>, Zugriff am: 29.11.2017.
- [56] Galambošová, J.; Macák, M.; Rataj, V.; Antille, D. L.; Godwin, R. J.; Chamen, W. C. T.; Žitník, M.; Vitázková, B.; Dudák, J. und Chlpík, J.: Field Evaluation of Controlled Traffic Farming in Central Europe Using Commercially Available Machinery. Transactions of the ASABE 60 (2017) H. 3, S. 657–669.
- [57] Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS 25.-27.09.2017.
- [58] Sitkei, G.: New Challenges and Opportunities for Terramechanics. 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, 25.-27.09.2017 Budapest. In: Proceedings of the 19th International & 14th European-African Regional Conference of the ISTVS, S. 1–24.
- [59] LAND.TECHNIK AgEng 2017 - The Forum for Agricultural Engineering Innovations. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH 10./11.11.2017.

- [60] Volz, F.: Kraft übertragen Boden schonen. In: DLG Test Landwirtschaft. Frankfurt/Main: Max-Exth-Verlagsgesellschaft mbH 2017, S. 22–25..

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 15.02.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Bürger, Alexander; Böttinger, Stefan: Reifen / Reifen-Boden-Interaktion. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-17

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151456>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/reifen-boden.html>

---

## **Hydraulik in Traktoren und Landmaschinen**

Jihao Guo, Hans Norbert Kossen, Hagen Neurath, Kerstin Ritters, Philipp Winkelhahn,  
Technische Universität Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

### **Kurzfassung**

Der branchenübergreifende Trend zu effizienteren Antriebssystemen lässt sich bereits seit Jahren in der Hydraulik beobachten. Durch eine bessere Anpassung der im Antriebssystem vorhandenen Komponenten gelingt es, in verschiedenen Anwendungen Effizienzvorteile zu erzielen. Sowohl auf Komponenten- als auch auf Systemebene wird hierbei auf die Regelungstechnik gesetzt, um Betriebsparameter bestmöglich einzustellen und prinzipbedingte Verluste zu reduzieren.

### **Schlüsselwörter**

Bedarfsstromsystem, Regelungskonzepte, Digitalhydraulik

## **Hydraulic drives in tractors and agricultural machinery**

Jihao Guo, Hans Norbert Kossen, Hagen Neurath, Kerstin Ritters, Philipp Winkelhahn,  
TU Braunschweig, Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles

### **Abstract**

The interdisciplinary trend towards more efficient drive systems can also be observed in hydraulic drives. A higher efficiency in different applications is achieved by a better adaption of parameters of drive components to the application. For both on the component and the system level control engineering is used to adapt parameters in the best way to reduce power losses.

### **Keywords**

flow-on-demand, control concepts, digital hydraulic

## Einleitung

Laut VDMA Fluidtechnik startete für die Hydraulikbranche das Jahr 2017 mit einer unerwartet hohen Nachfrage. Die hohe Nachfrage hielt über das gesamte Geschäftsjahr an, womit die Branche einen Umsatz von 4,9 Mrd. Euro erzielen konnte. Dies führte im zurückliegenden Geschäftsjahr zu einem zweistelligen Umsatzwachstum in Höhe von 10% für die Hydraulikbranche. Aktuell liegen dem VDMA Fluidtechnik noch keine detaillierten Informationen zu den Abnehmerbranchen vor. Es bleibt daher abzuwarten, ob die inländische Landtechnik erneut hinter der Nachfrage im Bereich der Bau- und Baustoffmaschinen sowie der Fördertechnik liegt.

Für das Geschäftsjahr 2018 geht der VDMA Fluidtechnik von einer Wachstumsrate in Höhe von 4% aus.

Maßgebende Tagungen im Berichtszeitraum waren die 15. Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP), die in Linköping ausgetragen wurde, die 6. Fachtagung Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen in Karlsruhe sowie das Symposium on Fluid Power and Motion Control (FPMC), das in Sarasota abgehalten wurde. Ferner wurde die 75. Tagung LAND.TECHNIK (VDI-MEG) im Vorfeld der Agritechnica in Hannover durchgeführt.

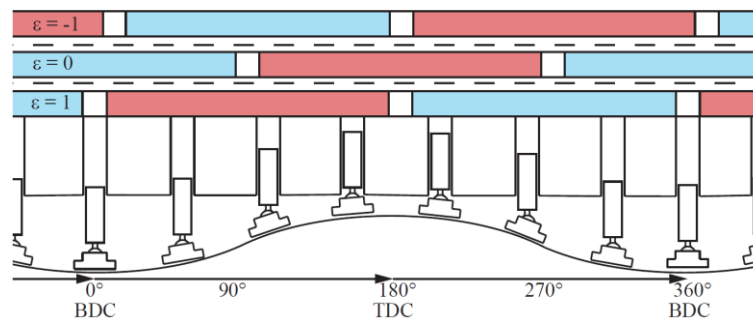
## Komponenten

Im Bereich der Komponenten wurden im Berichtszeitraum auf den bekannten Hydrauliktagungen, in Fachzeitschriften und auf der Agritechnica vor allem Neu- und Weiterentwicklungen von Hydrostaten mit verstellbarem Fördervolumen vorgestellt. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Untersuchung verschiedener Einflüsse auf den Wirkungsgrad und damit verbundener Maßnahmen zur Effizienzsteigerung.

### *Hydrostaten*

Die Saugdrosselung als Verstellmethode für Hydraulikpumpen und -motoren wurde bereits in [1] untersucht, insbesondere im Hinblick auf Druckpulsationen und Volumenstromschwankungen. Auf dem SICFP in Linköping, Schweden, griffen die ansässigen Forscher diesen Ansatz wieder auf und präsentierten eine Weiterentwicklung dieser Verstellungsart am Beispiel einer Axialkolbenpumpe. Dabei wird das effektive Fördervolumen nicht durch die Variation des Zylinderhubes verstellt, sondern durch eine Verdrehung der Steuerscheibe. Das Prinzip veranschaulicht **Bild 1**. In der unteren Darstellung arbeitet die Maschine als Pumpe mit vollem Fördervolumen ( $\varepsilon = 1$ ). Durch die Verdrehung der Steuerscheibe kann das Fördervolumen bis auf null zurückgestellt werden (mittlere Darstellung). Hier ist die Hochdruckseite (rot) mit den Kolben verbunden, die sich nahe dem unteren Totpunkt befinden, sodass das effektive Fördervolumen minimiert ist. Wird die Scheibe weiter verdreht, arbeitet die Ma-

schine als Motor. Das beschriebene Verstellprinzip wurde mit Hilfe eines Prototyps untersucht, indem die Steuerscheibe über ein durch einen Elektromotor angetriebenes Schneckenrad verstellt wurde. Dabei zeigte sich, dass die Verstellgeschwindigkeit und der volumetrische Wirkungsgrad gering waren, was den Autoren zufolge nicht auf das Funktionsprinzip, sondern auf den vereinfachten Prototypen zurückzuführen ist. Auftretende Druckpulsationen und damit verbundene Geräuschemissionen können möglicherweise durch ein angepasstes Design und eine geringere Drehzahl vermieden werden. [2]



**Bild 1:** Position der Steuerscheibe für den Pumpenmodus mit vollem Fördervolumen (unten,  $\varepsilon = 1$ ), für kein Fördervolumen (Mitte,  $\varepsilon = 0$ ) und für den Motormodus mit vollem Fördervolumen (oben,  $\varepsilon = -1$ ) [2]

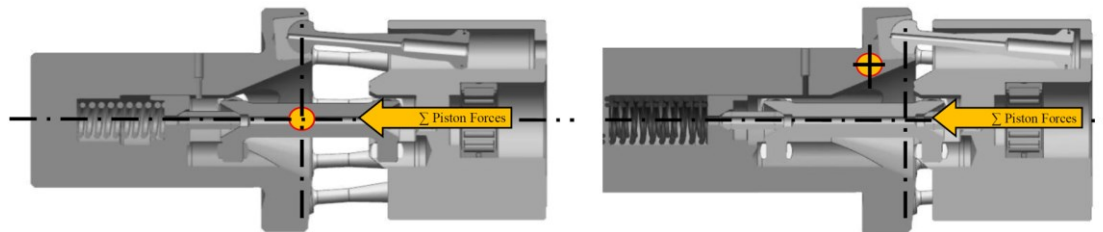
**Figure 1:** Position of the valve plate for full pump-mode (bottom,  $\varepsilon = 1$ ), for no-flow (middle,  $\varepsilon = 0$ ) and full motor-mode (top,  $\varepsilon = -1$ ) [2]

Eine neue Regelstrategie für Axialkolbenmaschinen in Schrägscheibenbauweise wurde in [3] untersucht. Das Konzept fußt auf einem Software-basierten Regler, der das elektromagnetische Ventil zur Betätigung des Verstellzylinders ansteuert. Hierzu wird der aktuelle Schwenkwinkel der Einheit über einen Hall-Sensor gemessen, der die Rückführung im Regelkreis darstellt. Die Parametrierung des Reglers erfolgt über ein vereinfachtes Pumpenmodell über einen Ansatz der Polvorgabe. Simulation und Prototyp zeigten, dass der Regler flexibel und einfach einzubauen ist, schnelle Antwortzeiten und gleichzeitig hohe Dämpfung ermöglicht.

Einen Ansatz zur Berechnung der Leckageverluste am Kolben in Kolbenmaschinen wird in [4] präsentiert. Darin werden die volumetrischen Verluste mit Hilfe mathematischer Berechnungen unter Berücksichtigung der Temperatur, des Drucks, der Drehzahl und der Geometrie der Kolben ermittelt. Die Ergebnisse wurden im Folgeschritt mit gemessenen Daten verglichen, wobei nur statische Betriebszustände berücksichtigt wurden. Es hat sich gezeigt, dass die Abweichungen zwischen Berechnung und Messung laut der Autoren in einem akzeptablen Bereich liegen und dass die Gleichungen daher zur gezielten Anpassung der Geometrie genutzt werden können, um die Leckage zu reduzieren.

Mit einer anderen Herangehensweise zur Erhöhung des Wirkungsgrads von Axialkolbenmaschinen in Schrägachsenbauweise beschäftigt sich [5]. Im Blickpunkt liegt der Einsatz der Hydrostaten in hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigten Getrieben, die so ausgelegt werden, dass zu möglichst großen Zeitanteilen ein großer Leistungsanteil über den mechanischen Pfad übertragen wird. In der Folge arbeiten die Hydrostaten oft im Teillastbereich, in dem sie einen geringen Wirkungsgrad aufweisen. Daher wird vorgeschlagen, die Schwenk-

achse der Schrägachsenmaschine aus der Mitte nach außen zu verlagern, siehe **Bild 2**. Um die dadurch erhöhten Verstellkräfte zu reduzieren, werden Pumpe und Motor in einem Doppeljoch angeordnet, wobei die Achsen beider Hydrostaten entgegengesetzt verschoben werden. Auf diese Weise werden Kompressionsverluste reduziert.



**Bild 2:** Querschnitt einer Schrägachsenmaschine mit Standard-Schwenkachse (links) und mit verschobener Schwenkachse (rechts) [5]

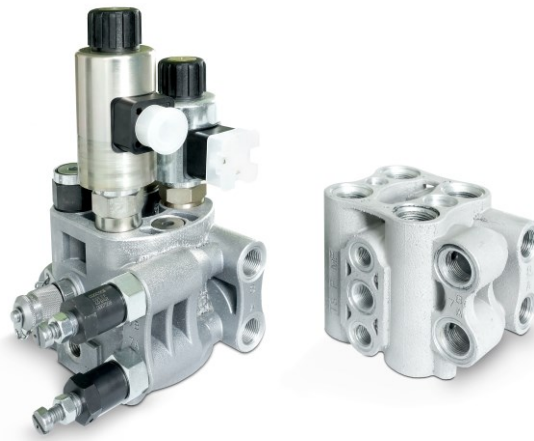
**Figure 2:** Cross-section of a bent axis unit with standard swivel axis (left) and with new swivel axis (right) [5]

### *Ventile*

Auch in der Ventiltechnik werden Möglichkeiten zur simulativen Untersuchung des Strömungsverhaltens gesucht. Eine Möglichkeit zur Beschreibung des Druck-Volumenstrom-Verhaltens von Druckbegrenzungsventilen wird in [6] vorgestellt. Darin wurde ein 3D-CFD-Modell eines Ventils mit Strömungsumlenkung zur Kompensation von Strömungskräften erstellt, welches ohne Prüfstandversuche parametrisiert werden kann. Berücksichtigt werden die Federvorspannung, Strömungsumrichter-Geometrien und Position sowie Geometrie des Kegelsitzes. Der Vergleich der Berechnungsergebnisse für Druck und Volumenstrom mit Messdaten zeigt eine sehr gute Übereinstimmung, sodass das Modell Zusammenhänge zwischen den untersuchten Parametern abbilden und zur Auslegung von Ventilen genutzt werden kann.

Ein Potential zur Effizienzsteigerung bei Ventilblöcken liegt in der Optimierung der Kanalgeometrie. Mit herkömmlichen Herstellungsverfahren sind im Inneren nur winklige Verbindungen mit scharfen Kanten zwischen den Kanälen möglich. Mit additiven Herstellungsverfahren kann dieses Problem gelöst werden. So stellte Tries auf der Agritechnica einen mittels 3D-Druckverfahren hergestellten Ventilblock aus Aluminium vor (**Bild 3**). Durch das Verfahren wird die Flexibilität hinsichtlich der geometrischen Ausgestaltung der Bauteile ermöglicht, eine Nachbearbeitung der Gewinde und Flanschflächen ist weiterhin erforderlich. Laut Hersteller ist so eine Gewichtseinsparung von 25% möglich, Druckverluste können um bis zu 18% verringert werden. Der maximale Betriebsdruck liegt aktuell bei 250 bar.





**Bild 3:** Ventilblock aus herkömmlichen Fertigungsverfahren (links) und 3D-Druck (rechts) [Tries]

**Figure 3:** Valve block produced with conventional manufacturing processes (left) and with 3D-print (right) [Tries]

Bondioli & Pavesi zeigten auf der Agritechnica eine elektrische Lösung für ein proportional gesteuertes LS-Boosterventil. In der hydraulischen Druckmeldeleitung eines LS-Systems treten Druckverluste auf, die in Abhängigkeit des Betriebszustands variieren können. Um diesen Effekt zu kompensieren, wird im gezeigten Konzept am Ventilblock ein Drucksensor angebracht und über ein Proportionalventil der Druck so erhöht, dass am Ventilblock der geforderte Druck anliegt. Damit kann die Druckerhöhung statisch oder dynamisch an den Verbraucher und den Betriebszustand angepasst werden.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch Bosch Rexroth mit dem vorgestellten e-LS. Hier wird die hydraulische Meldeleitung an die Pumpe durch eine elektrische Signalleitung ersetzt. Am Ventilblock wird ein Drucksensor angebracht, dessen Messsignal über ein elektronisches Steuergerät an die Pumpe weitergegeben wird. Der vorzuhaltende Drucküberschuss kann variabel eingestellt werden, sodass das System mit geringeren Drosselverlusten betrieben und Energie eingespart werden kann. In der Software können außerdem feste Parameter, beispielsweise für die Druckdifferenz, hinterlegt werden. Auf diese Weise können Kombinationen aus Traktor und Anbaugerät individuell aufeinander abgestimmt werden.

### **Effizientere Antriebssysteme**

Neben der Weiterentwicklung auf Komponentenebene wurden in zahlreichen Arbeiten Konzepte erarbeitet, um systembedingte Energieverluste zu reduzieren. Hierbei lag der Fokus vor allem auf drehzahlvariablen Pumpenantrieben zur Leistungsbereitstellung und Leistungswandlung.

Vor dem Einsatz neuer elektrohydraulischer Antriebstopologien für bestehende Maschinenfunktionen stellt sich die Frage, welche Topologie für den betrachteten Anwendungsfall eine geeignete Lösung darstellt. Für die Arbeitshydraulik eines Radladers wurde dieser Fragestellung in [7] simulativ nachgegangen. Der untersuchte Lösungsraum für die Antriebstopologien

umfasste dabei für Einpumpensysteme ohne Energierückgewinnung ein elektrisch angetriebenes Load Sensing System (Electric Load Sensing Systems, Abk. E-LS) sowie ein Bedarfstromsystem (Electric Intelligent Flow Control, Abk. E-IFC). Für Systeme mit Energierückgewinnung wurden gekoppelte (Electric Pump Controlled Actuation Systems, Abk. E-PCA) und unabhängige Einzelantriebe (Electro-Hydrostatic Actuation Systems, Abk. EHA) untersucht. Mit vereinfachenden Systemannahmen (z.B. Verwendung von Pumpenkennfeldern, Beschränkung auf die Arbeitshydraulik etc.) konnten für den kurzen Y-Ladezyklus eines Radladers mittlerer bis großer Baugröße vergleichende energetische Untersuchungen angestellt werden. Die Studie zeigte dabei Energieeinsparungen gegenüber dem E-LS als Referenzsystem in Höhe von 8% mit E-IFC, 33% mit E-PCA und 45% mit EHA. Das sich ändernde dynamische Systemverhalten und der monetäre Einfluss durch die divergente Komplexität der Systeme war nicht Bestandteil der Studie.

Energetische Betrachtungen zu dezentralen hydraulischen Antrieben für Minibagger wurden auch in [8] und [9] untersucht. Ziel war es hierbei, energetische Verluste in LS-Systemen, die durch den Parallelbetrieb von Aktoren bei unterschiedlichen Druckniveaus der Aktoren systembedingt auftreten, durch den Einsatz hydraulischer Powerpacks einzusparen. Hierzu wurden Ausleger, Löffelstiel und Löffel jeweils durch einen geschwindigkeitsgeregelten Elektromotor, zwei Konstanthydrostaten, 2/2-Wegeventile und zwei Hydraulikspeicher betrieben. Für Grabzyklen wurden simulativ Systemwirkungsgrade von ca. 73% ermittelt, wobei 5% der Eingangsleistung in elektro-mechanische und 22% in mechanisch-hydraulische Verluste überführt wurden.

Einen Ansatz zur Kombination der Vorteile elektromechanischer und hydraulischer Linearantriebe in einem Aktuator zeigte [10]. Ziel des Forschungsprojekts ist die Erarbeitung von Antriebsstrukturen zur Umsetzung einer schaltbaren Übersetzung in elektrohydraulischen Kompaktantrieben. Dabei nehmen die Kompensation des Pendelvolumens sowie die Umschaltung der Übersetzung zentrale Projektinhalte ein. Auf konzeptioneller Ebene wurde eine Methodik zur Beurteilung des Downsizing-Potentials sowie eine Schaltungssystematik zur Übersetzungsumschaltung entwickelt, Demonstratoren sollen bis zum Projektende vorliegen.

Ein Vorhaben zur Kombination einer thermohydraulischen mit einer thermoelektrischen Freikolbenmaschine zu einem sogenannten "Thermohydraulischen Lineargenerator" wurde in [11] beschrieben. Die Motivation für diese Grundlagenforschung liegt darin, die in leistungsverzweigten Antriebskonzepten vielfach zur Anwendung kommende elektrische und hydraulische Leistung mit einem Aggregat bereitzustellen, ohne einen Antriebsstrang bestehend aus VKM, Hydraulikpumpe und Generator nutzen zu müssen. Durch diesen Ansatz sollen Wandlungsverluste und Komponentenkosten eingespart werden. Bislang wurden in diesem Vorhaben konzeptionelle Arbeiten wie die Anforderungsdefinition an die Systemkonfiguration, die Konzeptionierung des Lineargenerators sowie die Erarbeitung von Regelungsverfahren durchgeführt. Im Rahmen des Vorhabens soll zu einem späteren Zeitpunkt ein Prototyp des thermohydraulischen Lineargenerators aufgebaut werden.

In [12] wurde auf konzeptioneller Ebene ein Antriebsstrang für einen Radlader mittlerer Baugröße vorgestellt, der die Fahr- und Arbeitsfunktionen über zwei gemeinsam genutzte Druckleitungen verbindet. Für die Fahrfunktion beinhaltet der Antriebsstrang ein eingangsgekop-

peltes hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigtes Getriebe. Die translatorischen Arbeitsfunktionen werden mittels sekundärgeregelter Linearaktuatoren mit variabler Verdrängung realisiert. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, realisierbare energetische Vorteile gegenüber vergleichbaren konventionellen Antriebssträngen herauszustellen und einen Beitrag zur Reduzierung von Anforderungen zum Speichern rekuperierbarer Energie zu leisten.

Neben den genannten Untersuchungen zu drehzahlvariablen Antrieben werden auch Bedarfsstromsysteme weiter untersucht. Bei dem 2015 vorgestellten elektro-hydraulischen Bedarfsstromsystem (eBSS) konnten Effizienzvorteile sowie eine erhöhte Bedienerfreundlichkeit nachgewiesen werden. [13] Weiterführende Untersuchungen hatten ergeben, dass die vorhandenen Verluste im eBSS-System durch das Trennen der vorhandenen Steuerkanten im Zu- und Ablauf der Aktoren weiter reduziert werden können. Neben der Reduktion von Drosselverlusten bei passiven Lasten können aktive Lasten energieneutral bewegt werden. Laut [14] ist bei einer Forstkrananwendung eine Energieeinsparung in Höhe von 4% im Vergleich zu dem herkömmlichen eBSS-System möglich. In einem zweiten Schritt ist geplant, den Kran mit Hydraulikspeichern auszustatten, um potentielle und kinetische Energie rekuperieren zu können. Durch das Trennen der Steuerkanten sowie durch das Einbringen eines Hydraulikspeichers in das System sind aus Regelungsgründen detaillierte Systeminformationen notwendig. Neben den Drücken im Zu- und Ablauf bedarf es eines Regelkonzepts, welches das Zuschalten des Speichers, unabhängig dessen Füllgrads, erlaubt ohne die auszuführende Bewegung zu beeinträchtigen. Erste Funktionsnachweise zur Weiterentwicklung werden in [15] vorgestellt.

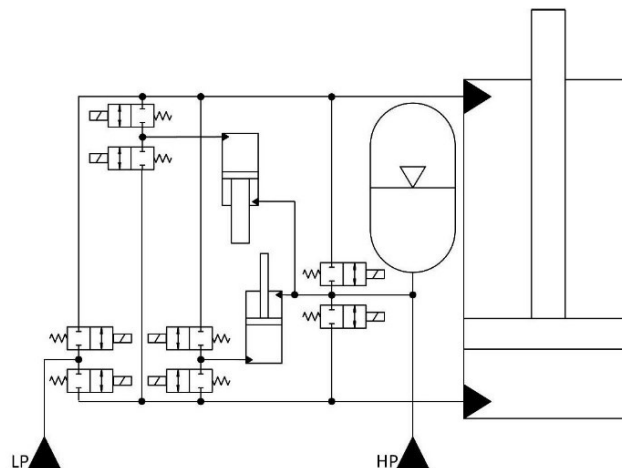
### **Regelung hydraulischer Antriebe**

Um vorhandene Systemfreiheitsgrade bestmöglich ausnutzen zu können, wird an der University of Los Andes (Colombia) ein Fuzzy-Regler zum Energiemanagement in einem Hybridbus eingesetzt [16]. Untersuchungsgegenstand des Forschungsvorhabens ist die bestmögliche Schwenkwinkелеinstellung der Hydrostaten. Hierzu wird eine optimale Kombination des Pumpen- und Motorschwenkwinkels ermittelt, um eine möglichst hohe Gesamteffizienz zu erreichen. Anhand der definierten Fuzzy-Regeln und des vorliegenden Fahrzeugzustands werden möglichst optimale Werte der Stellgrößen eingeregelt. Mit diesem Regelungskonzept wird eine bessere Regelgüte als mit konventionellen PID-Reglern erreicht. Im Vergleich zum Hybridantrieb ohne Regelung erhöht sich die Energieeffizienz um 5%.

Neben Fuzzy-Reglern wird auch an Dynamic Programming (DP) und neuronalen Netzen (NN) für das Powermanagement von hydraulischen Hybridantrieben (siehe **Bild 4**) gearbeitet [17]. Um eine möglichst optimale Steuerung des Antriebsstrangs zu erreichen, erfolgte der Reglerentwurf mittels DP. Ein Simulationsmodell diente der virtuellen Erprobung und Ermittlung der zu wählenden Systemparameter. Auf Basis dieser gewonnenen Informationen konnte in einem zweiten Schritt ein NN trainiert werden, um das optimale DP-Speicherdruckprofil vorherzusagen. Die Prädiktion basiert auf der Fahrzeuggeschwindigkeit der letzten 30 Se-



Hydraulikzylinder, wird dabei von mehreren Druckquellen, abgebildet durch asymmetrische Zylinder, versorgt. Die Verbindung zwischen Aktuator und einer der Druckquellen wird über Schaltventile realisiert. Ein Schema des Konzeptes mit vier unterschiedlichen Druckniveaus zeigt **Bild 5**.



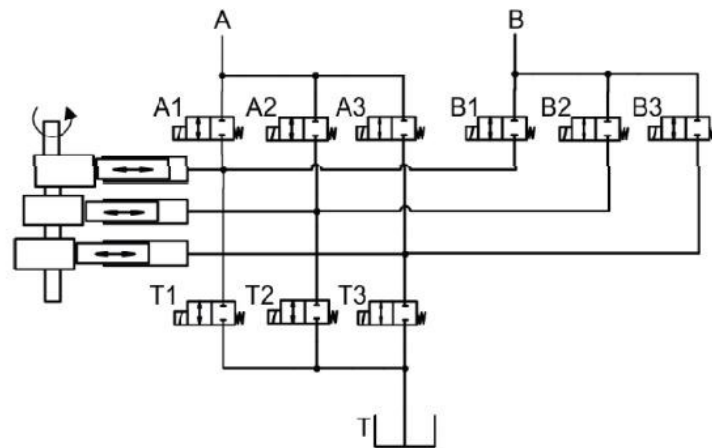
**Bild 5:** Vereinfachter Hydraulikschaltplan des Digitalhydrauliksystems mit vier Druckniveaus [21]  
**Figure 5:** Simplified hydraulic diagram of a digital hydraulic system with four pressure levels [21]

Die Versorgung des Systems erfolgt über eine Konstantpumpe (in der Abbildung nicht dargestellt). Deren Dimensionierung orientiert sich am mittleren Volumenstrombedarf, die Bedarfsspitzen werden über einen integrierten Hydraulikspeicher abgedeckt. Damit ist ein Downsizing oder eine Anpassung des Betriebsbereiches des Primärantriebes denkbar. In praktischen Versuchen konnte eine Reduzierung der Verlustenergie um bis zu 77% gegenüber eines üblichen Load Sensing Systems nachgewiesen werden. [20; 21]

Vor dem Hintergrund der Reduzierung des Bauraumbedarfes sowie der Reduzierung der Antwortzeit wurde an der Aalto University School of Engineering ein neuartiges Digitalventilsystem entwickelt. Das beschriebene System, bestehend aus 32 Pilot-Schaltventilen inklusive Steuerelektronik, benötigt den Bauraum eines üblichen 4/3-Wegeventils. Durch den geringen Ventilhub der Pilot-Schaltventile erreicht das System eine Antwortzeit von 2 ms. Der Durchfluss der vier unabhängigen Steuerkanten wird mit jeweils 30 l/min bei einer Druckdifferenz von 5 bar und mit 78 l/min bei einer Druckdifferenz von 35 bar angegeben. Auf der Gegenseite kann ein Leckagevolumenstrom von bis zu 5 l/min bei einer Druckdifferenz von 100 bar auftreten. [22]

Ein weiteres Digitalhydrauliksystem wurde mit dem von Danfoss vorgestellten Pumpenkonzept DDP auf der Agritechnica gezeigt. Eine Pumpeneinheit besteht aus zwölf Radialkoben, die zusammen ein Schluckvolumen von 96 cm<sup>3</sup> besitzen. Der modulare Aufbau dieser Einheiten ermöglicht einen Zusammenschluss zu einer entsprechend größeren Pumpe. Durch eine elektrische Pumpenverstellung ergeben sich laut Danfoss nennenswerte Effizienzvorteile. In [23] ist ebenso eine Digitalpumpe beschrieben (vgl. **Bild 6**). Die Pumpe verfügt über drei Kolben und zwei hochdynamische Schaltventile je Verdrängerkammer. Die Drehzahl ist durch die Ventilgeschwindigkeit auf 700 1/min begrenzt. Am Beispiel dieser Pumpe wurde

ein Algorithmus zur Effizienzverbesserung mittels Anpassung der Ventilstellzeiten vorgestellt. Durch ein gezieltes Öffnen und Schließen der Ventile kann der Algorithmus bei Detektion einer Druckspitze über die Messung des Hochdruck- und des Niederdruckbereiches in Echtzeit Einfluss auf das System nehmen. Der Fehler bei den durchgeführten Untersuchungen wird mit unter 5% angegeben. Auf bisher im Zylinder verbaute Drucksensoren kann verzichtet werden, wodurch sich Kosten- und Komplexitätsreduzierungen ergeben. [23]



**Bild 6:** Vereinfachter Schaltplan einer Digitalpumpe [23]

**Figure 6:** Simplified hydraulic diagram of a digital pump [23]

Die Digitalhydraulik ermöglicht das Prinzip der Leistungswandlung, wie es aus der Elektrotechnik durch den Einsatz von DC-DC-Wandlern bekannt ist. An der University of Saskatchewan wurde ein Vergleich zwischen elektrischen und hydraulischen Wandlern angestellt, die nach einem gleichen Prinzip arbeiten. Die wesentliche Grenze des hydraulischen Wandlers liegt im dynamischen Verhalten durch die höheren wirksamen Massen. Daneben wird die mit den Druckpulsationen einhergehende Geräuschentwicklung angeführt. [24]

## Zusammenfassung

Die Effizienzverbesserung hydraulischer Antriebe ist nach wie vor Motivation zahlreicher Entwicklungsvorhaben. Sowohl auf Komponenten- als auch auf Systemebene wird ein erhöhter Regelungsaufwand in Kauf genommen, um die im System vorhandenen Freiheitsgrade bestmöglich auszunutzen. Durch die Ergänzung bestehender Systeme um elektronische Komponenten gelingt eine bessere Anpassung an sensierte Betriebszustände. Der dadurch steigende Regelungsaufwand ist Grund für Forschungsvorhaben in Wissenschaft und Industrie. Da es mit diesem Ansatz auch gelingt, das Betriebsverhalten der Systeme zu verbessern, ist abzusehen, dass der Anteil elektronischer Komponenten auch in Zukunft weiter zunehmen wird. Ferner wird durch den Einsatz von elektrischen Antrieben versucht, den Vorteil der mit geringen Verlusten behafteten Leistungswandlung aus der Elektrotechnik für Pumpenantriebe zu nutzen, um effizientere Versorgungssysteme zu entwickeln. Zur effizienten und rein hydraulischen Bedarfsstrombereitstellung wird außerdem weiter an digitalhydraulischen Lösungen gearbeitet.

## **Literatur**

- [1] Welschof, B.: Saugdrosselung - eine Phasenanschnittsteuerung in der Hydraulik, O+P "Ölhydraulik und Pneumatik" 36, 1992, Nr. 7, S. 463-468.
- [2] Ericson, L.; Kärnell, S.; Hochwallner, M.: Experimental Investigation of a Displacement-controlled Hydrostatic Pump/Motor by Means of Rotating Valve Plate, 15th SICFP 2017, Proceedings of the 15th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 07.-09.06.2017, Linköping.
- [3] Larsson, L. V.; Krus, P.: Displacement Control Strategies of an In-Line Axial-Piston Unit, 15th SICFP 2017, Proceedings of the 15th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 07.-09.06.2017, Linköping.
- [4] Gärtner, M.; Murrenhoff, H.: Comparison of analytical and experimental investigation of volumetric losses in the piston-bushing contact of axial piston machines, Antriebstechnisches Kolloquium ATK 2017, Tagungsband, S. 521-534, ISBN 9783743148970.
- [5] Göllner, W.; Rahmfehl, R.; Hames, B.: The Design of Powersplit Transmissions using new Technologies of Hydrostatic Components, FPMC 2017, Proceedings of the ASME/BATH 2017 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 16.-19.10.2017, Sarasota.
- [6] Finesso, R.; Rundo, M.: Numerical and experimental investigation on a conical poppet relief valve with flow force compensation, International Journal of Fluid Power, 2017, 18:2, 111-122, DOI: 10.1080/14399776.2017.1296740.
- [7] Eriksson, B.; Bhaskar, V.; Gomm, R.: Energy Efficiency Comparison of Electric-Hydraulic Hybrid Work Implements Systems, 15th SICFP 2017, Proceedings of the 15th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 07.-09.06.2017, Linköping.
- [8] Zhang, S.; Minav, T.; Pietola, M.: Decentralized Hydraulics for Micro Excavator, 15th SICFP 2017, Proceedings of the 15th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 07.-09.06.2017, Linköping.
- [9] Zhang, S.; Minav, T.; Pietola, M.: Improving Efficiency Of Micro Excavator With Decentralized Hydraulics, FPMC 2017, Proceedings of the ASME/BATH 2017 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 16.-19.10.2017, Sarasota.
- [10] Kolks, G.; Weber, J.: Elektrohydraulische Kompaktantriebe mit schaltbarer Übersetzung, Informationsveranstaltung Forschungsfonds Fluidtechnik 2017, 22.06.2017, Frankfurt am Main.
- [11] Hänel, F.; Seifert, R.; Kunze, G.; Hofmann, W.: Thermohydraulischer Lineargenerator - Basis für einen dieselelektrohydraulischen Hybrid, Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen: 6. Fachtagung, 15. Februar 2017, Karlsruhe, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, ISBN: 978-3-7315-0601-0.
- [12] Pettersson, K.; Heybroek, K.; Mattsson, P.; Krus, P.: A novel hydromechanical hybrid motion system for construction machines, International Journal of Fluid Power, 2017, 18:1, 17-28, DOI: 10.1080/14399776.2016.1210423.

- [13] Scherer, M.: Beitrag zur Effizienzsteigerung mobiler Arbeitsmaschinen: Entwicklung einer elektrohydraulischen Bedarfsstromsteuerung mit aufgeprägtem Volumenstrom, 2015, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, ISBN: 978-3-7315-0339-2.
- [14] Scherer, M.: Intelligente Elektrohydraulik zur Steigerung der Energieeffizienz, Ergonomie und Produktivität von Forstmaschinen, 9.Kolloquium Mobilhydraulik, 2016, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, ISBN: 978-3-7315-0573-0.
- [15] Weiß B., Wydra M., Geimer M.: Effizienterer Einsatz von Forstmaschinen durch die Verwendung einer elektrohydraulischen Bedarfsstromsteuerung mit einer unabhängigen Zu-/ Ablaufsteuerung, Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen: 6. Fachtagung, 15. Februar 2017, Karlsruhe, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, ISBN: 978-3-7315-0601-0.
- [16] Leon Quiroga, J. A.; Gonzalez Mancera, A. L.; Garcia Bravo, J. M.: A Fuzzy Logic Controller for a hydrostatic transmission for an electric hybrid bus in Bogota, Colombia, FPMC 2017, Proceedings of the ASME/BATH 2017 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 16. – 19.10.2017, Sarasota.
- [17] Sprengel, M.; Ivantysynova, M.: Neural network based power management of hydraulic hybrid vehicles, International Journal of Fluid Power, 2017, 18:2, 79-91, DOI: 10.1080/14399776.2016.1232117.
- [18] Sugimura, K.; Murrenhoff, H.: Novel hydraulic hybrid system for excavators, O+P Fluidtechnik, 5/2017, S. 80-89.
- [19] Peng, S.: A Zero-Flowrate-Switching (ZFS) Control Method Applied in a Digital Hydraulic System, 15th SICFP 2017, Proceedings of the 15th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 07.-09.06.2017, Linköping.
- [20] Huova, M.; Aalto, A.; Linjama, M.; Huhtala, K.; Lantela, T.; Pietola, M.: Digital hydraulic multi-pressure actuator – the concept, simulation study and first experimental results, International Journal of Fluid Power, 2017, 18:1, 38-48, DOI: 10.1080/14399776.2016.1213115.
- [21] Huova, M.; Aalto, A.; Linjama, M.; Huhtala, K.: Study of Energy Losses in Digital Hydraulic Multi-Pressure Actuator, 15th SICFP 2017, Proceedings of the 15th Scandinavian International Conference on Fluid Power, 07.-09.06.2017, Linköping.
- [22] Lantela, T.; Pietola, M.: High-flow rate miniature digital valve system, International Journal of Fluid Power, 2017, 18:1, 38-48, DOI: 10.1080/14399776.2016.1213115.
- [23] Breidi, F.; Garrity, J.; Lumkes J. Jr.: Investigation of a Real-time Pressure Based Valve Timing Correction Algorithm, FPMC 2017, Proceedings of the ASME/BATH 2017 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 16.-19.10.2017, Sarasota.
- [24] Wiens, T.; Das, D.: A Comparison of hydraulic and electrical switch-mode converters, FPMC 2017, Proceedings of the ASME/BATH 2017 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 16.-19.10.2017, Sarasota.



**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 21.02.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Guo, Jihao; Kossen, Hans Norbert; Neurath, Hagen; Ritters, Kerstin; Winkelhahn, Philipp: Hydraulik in Traktoren und Landmaschinen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-13

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151458>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/hydraulik.html>

## **Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz**

J. Krüger, H.J. Meyer

Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

### **Kurzfassung**

Der Trend zur Elektrifizierung sowie erste Konzepte für autonome Maschinen bestimmen inzwischen auch die Entwicklung bei Traktoren. Fraglich ist, wie Konzepte aussehen, welche die Vielseitigkeit der Einsatzgebiete berücksichtigen, für die Traktoren eingesetzt werden. Neben Systemen zur Anzeige und Kanalisierung der zunehmenden Informationsflut am Fahrerplatz steht vor allem die Effizienz der Traktion im Vordergrund.

### **Schlüsselwörter**

Fahrsicherheit, Fahrkomfort, Traktionswirkungsgrad, Ganzkörpervibration

## **Ride Dynamics - Ride Safety - Driver's Place**

J. Krüger, H.J. Meyer

Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

### **Abstract**

A development towards an electrification and first concepts for autonomous machines can be observed. The question remains how the diversity of tasks can be dealt with in the new concepts. Solutions to cope with the increasing amount of information at the driver's place are presented and the tractive efficiency is still in the focus of new research.

### **Keywords**

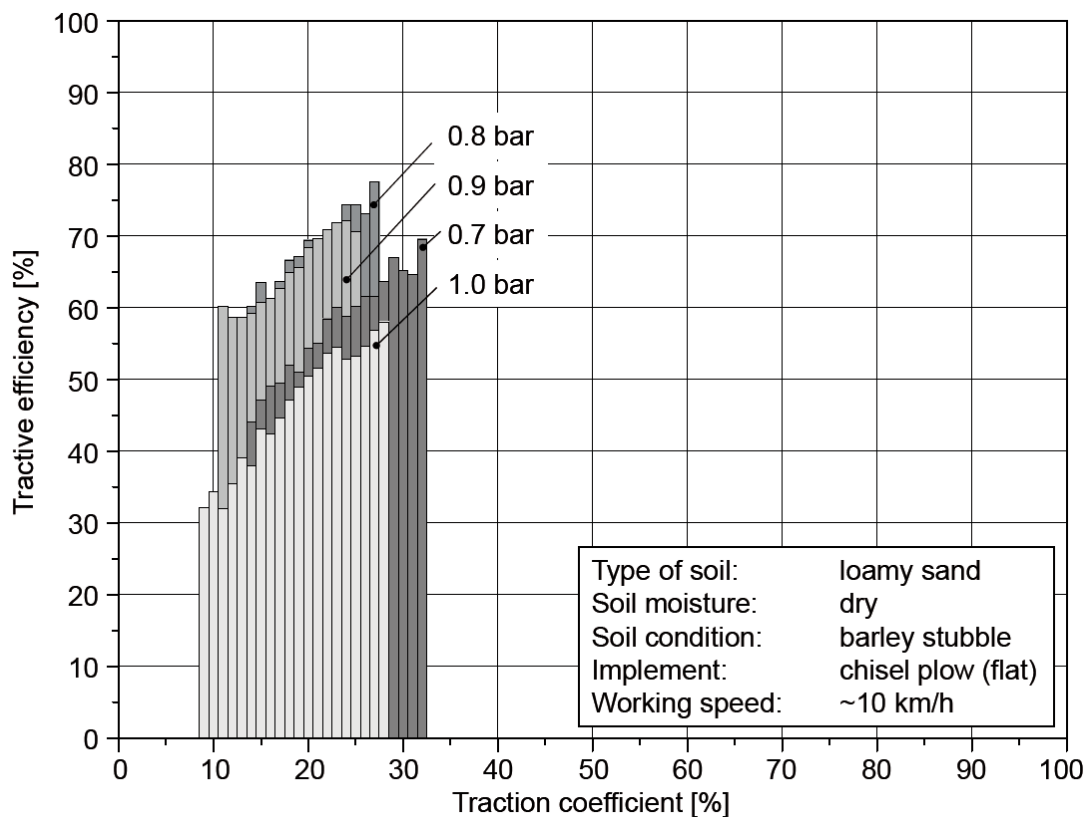
Ride safety, driving comfort, tractive efficiency, whole body vibration

Moderne Sensorik, neue Verfahren zur Auswertung der gemessenen Daten und der auch bei Traktoren anhaltende Trend zur (Teil-)Elektrifizierung sind die Treiber für neue Entwicklungen im Bereich der Fahrdynamik und helfen, den Arbeitsplatz der fahrzeugführenden Personen komfortabler und sicherer zu gestalten. Die Vielseitigkeit der Aufgaben, nicht nur in der Landwirtschaft, die mit Traktoren heute bewältigt werden, erfordern auch im kommenden Jahrzehnt die Möglichkeit, die Maschine durch einen Menschen zu steuern. Dieser wird jedoch zunehmend an seinem Arbeitsplatz von Routineaufgaben entlastet.

## **Fahrdynamik**

Im Bereich der Fahrdynamik stehen insbesondere Effizienzsteigerungen bei der Traktion im Fokus aktueller Forschung und Entwicklung. So soll beispielsweise ein zusätzliches elektrisch angetriebenes Rad an einem Pflug die Traktion verbessern. Die elektrische Leistung bezieht das System von Bumberger et al. aus einem durch die Frontzapfwelle angetriebenen Generator [1]. Die Vorteile sind geringere Bodenverdichtung, durch weniger Ballast bzw. weniger Feldüberfahrten durch eine größere mögliche Arbeitsbreite. Bei gleichem Traktor kann durch eine größere Pflugarbeitsbreite eine Effizienzsteigerung von bis zu 33% erreicht werden. Eine der üblichen Maßnahmen zur Senkung des Bodendrucks, nämlich die Verringerung des Reifeninnendrucks, ist durch die maximale Belastbarkeit des Reifens begrenzt. Da die Radlasten bedingt durch Nick- und Wankmomente schwanken, muss der Reifenhersteller den Minimaldruck immer mit einer Sicherheit angeben, die diese dynamischen Vorgänge berücksichtigt. Mittels des bereits 2015 vorgestellten Sensors an der Hinterachse eines Traktors auf Basis des Villary Effekts sowie der Messung der Drücke in der hydro-pneumatischen Vorderachsfederung können die Radlasten während der Fahrt ständig bestimmt werden [2; 3]. Erste Feldmessungen mit dem System wurden bereits durchgeführt. In zukünftigen Anwendungen könnte so beispielsweise der Reifeninnendruck weiter reduziert bzw. an die tatsächliche Achslast dynamisch angepasst werden.

Der gleiche Sensor kommt auch in der Arbeit von Wieckhorst et al. zum Einsatz [4]. In einem Traktorprototypen wird er verwendet, um eine Echtzeiterfassung des Traktionswirkungsgrads in Abhängigkeit des Traktionskoeffizienten zu ermöglichen. Frühere Erkenntnisse, nach denen der niedrigste Reifendruck nicht notwendigerweise die größte Effizienz liefert, konnten damit bestätigt werden (**Bild 1**).



**Bild 1:** Echtzeitkartierung des Traktionswirkungsgrads für unterschiedliche Reifendrucke bei Stoppelbearbeitung auf lehmigen Sand [4]

**Figure 1:** Real time tire soil mappings for different tire inflation pressures whilst stubble cultivation on loamy sand [4]

Gleichzeitig können so verschiedene Parameter hinsichtlich eines optimalen Traktionswirkungsgrades eingestellt werden.

Eine weitere Möglichkeit den Schlupf und damit den Traktionswirkungsgrad zu beeinflussen, ist die Radlast aktiv zu ändern. Mit Hilfe des Heckkrafthebers kann ein Anbaugerät wie beispielsweise ein Pflug gehoben und abgesenkt werden, um damit die notwendige Zugkraft und indirekt auch den Schlupf zu verändern und eine Überlastung des Verbrennungsmotors zu vermeiden. Zur Parametrierung dieser Systeme, die bisher häufig in aufwändigen Feldversuchen durchgeführt wurden, schlägt Langer einen Model-in-the-Loop-Ansatz vor, bei dem Einflüsse wie Kräfte an Pflug und Reifen sowie Feldparameter simuliert werden, um Regelungsparameter einzustellen [5]. Das von Fendt auf der Agritechnica 2017 mit der Silbermedaille ausgezeichnete "VarioPull" kann durch Koppelpunktverschiebung die Achslastverteilung unabhängig von der Ballastierung verändern [6]. So werden beispielsweise die Unterlenkerfanghaken so nah wie möglich an die Hinterachse gezogen, um den Hebelarm zwischen Koppelpunkt und Hinterachse zu reduzieren und somit die Entlastung der Vorderachse zu verringern. Für den Ankopplungsvorgang, bei dem eine gute Sicht auf den Koppelpunkt hilfreich ist, kann dieser nach hinten ausgefahren werden.

Übliche Allradkonzepte bei Traktoren besitzen über Sperrdifferenziale eine starre Kopplung zwischen Vorder- und Hinterachse. Dieses für eine gute Traktion vorteilhafte Verhalten ist jedoch mit dem Nachteil einer Verspannung des Antriebsstrangs verbunden. Die Folgen davon sind unter anderem erhöhter Reifenverschleiß und verschlechtertes Fahrverhalten, weshalb der Allradantrieb in einigen Situationen deaktiviert wird. In einer leistungsverzweigten Variante der vorgestellten Lösung ermöglicht es ein zusätzlicher 48 V Motor, der auf die Vorderachse wirkt, die starre Kopplung zwischen beiden Achsen aufzuheben und den Vorlauf der Vorderachse situationsbedingt anzupassen [7; 8]. So kann ein permanenter Allradantrieb gewährleistet werden, wobei gleichzeitig der Traktionswirkungsgrad erhöht wird, sich der Wendekreis verringert und der Reifenabrieb sinkt. In einer zweiten nicht leistungsverzweigten Alternative wird die gesamte Vorderachsleistung direkt durch einen Hochvoltmotor aufgebracht. Auch Woopen stellt einen teilhybridisierten Antriebsstrang für Traktoren vor, der ähnliche Ziele verfolgt [9].

Auf einigen Untergründen ist über einen Allradantrieb hinaus der Einsatz eines Raupenlaufwerks sinnvoll. Das von Claas vorgestellte und auf der Agritechnica mit der Silbermedaille ausgezeichnete TERRA TRAC Laufwerk für Traktoren basiert auf dem für Mähdrescher entwickelten Laufwerk des Herstellers [10]. Die Nachteile von klassischen Raupentraktoren sind schlechte Lenkbarkeit, besonders auf nassen Böden, die Verdrängung von Erde bei Kurvenfahrten und ein nach vorne Kippen beim Überfahren eines Hügels. Übliche Halbraupenfahrzeuge verfügen weiterhin über ein niedriges Komfortlevel, wenn die Raupen nicht gefedert sind. Mit dem vorgestellten TERRA TRAC Laufwerk soll mit Hilfe eines Lenkassistenzsystems das Lenkverhalten dem einer Radlenkung möglichst nahekommen, indem das Assistenzsystem die Geschwindigkeit der Raupen in Echtzeit anpasst. Durch die integrierte Federung und einen Drehwinkel der Raupeneinheiten von  $\pm 15^\circ$  versprechen die Autoren ein hohes Komfortniveau bei Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 40 km/h.

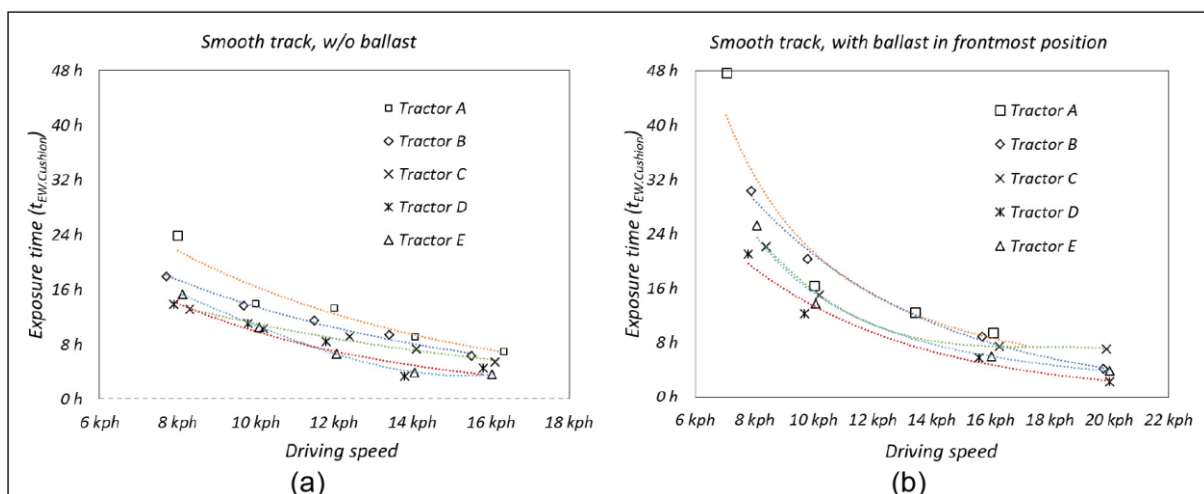
Einige aktuelle Traktoren und Anbaugeräte verfügen über weitere Freiheitsgrade hinsichtlich ihrer Lenkung (siehe auch Völker und Stadie [11]). So gibt es Traktoren mit Allradlenkung sowie Anbaugeräte, welche über gelenkte Achsen verfügen um beispielsweise neben der Spur des Traktors zu fahren. Um diese für zukünftige automatische Steuerungskonzepte nutzen zu können, reicht der aktuelle ISO 11783 Standard nicht aus, da dieser nur die Vorgabe der Krümmungsbahn durch das Anbaugerät vorsieht, nicht jedoch auf Besonderheiten der Lenkkinematik und dynamische Vorgänge wie beispielsweise die Lenkwinkeländerungsgeschwindigkeit [12; 13]. Oksanen schlägt daher eine Erweiterung des Standards vor, um auch die zusätzlichen Freiheitsgrade herstellerübergreifend verwendbar zu machen.

Das Schrägstellen des Anhängers beim Abbremsen eines Gespanns wird in modernen Traktoren heute durch die Betätigung der Bremsen an den Anhängern verhindert, sobald die fahrzeugführende Person das Bremspedal betätigt. Im Alltag treten jedoch neben der Bremsung auch andere Effekte auf, die den ziehenden Traktor verzögern, ohne dass dabei die Bremse betätigt wird, wie beispielsweise bei Motorbremsen besonders in Verbindung mit CVT-Getrieben. Laut Ehlert und Erger können diese Zustände dazu führen, dass die Verzögerungskraft so groß wird, dass das Gespann in einen instabilen Fahrzustand gerät [14]. Da die Anhänger in diesem Fall nicht gebremst werden, können sich diese durch Schubkräfte an

der Deichsel schräg stellen. Die Autoren schlagen ein technisches Konzept vor, welches mit Hilfe vorhandener Sensoren diesen Zustand erkennt und die Bremsen automatisch betätigt. Hierzu werden verschiedene verfügbare Signale der Getriebe-, Antriebsstrang- und Motorsteuergeräte genutzt. Besonderes Augenmerk muss dabei auf die Bremskraft der Anhänger gelegt werden, die je nach Typ und Alter stark variieren kann. So soll ein System zur Identifikation der Anhänger sicherstellen, dass die Bremskraft der gezogenen Anhänger vor Fahrtantritt der Steuerungssoftware bekannt ist. Weiterhin soll das System die fahrzeugführende Person bei der Reihenfolgenwahl der Anhänger unterstützen, damit der zuerst reagierende Anhänger an die letzte Position des Zuges angehängt wird.

## Fahrkomfort

Da Traktoren für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden, ist die Bestimmung eines "normalen" Einsatzes schwierig. Für eine Vergleichbarkeit hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs sind im DLG PowerMix verschiedene Testszenarien definiert. Um eine Bewertung des Fahrkomforts in den unterschiedlichen Einsatzbereichen durchzuführen, gibt es bisher keine fest definierten anerkannten Vergleichszyklen, die verschiedene Arbeitsaufgaben repräsentieren. Karner et al. stellen mit dem "Wieselburg vibration test-cycle" ein Verfahren zur Bestimmung von Ganzkörpervibrationen bei Traktoren vor [15]. Die Autoren legen basierend auf den Geschwindigkeiten des DLG PowerMix verschiedene Testszenarien fest, welche mit und ohne Ballast auf unterschiedlichen Untergrundprofilen gefahren werden (**Bild 2**).



**Bild 2:** Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf dem Smoother Track ohne (a) und mit Ballast (b) [15]

**Figure 2:** Influence of the driving speed on the smoother track without (a) and with ballast (b) [15]

Dadurch sollen realistischere Aussagen gemacht werden, welchen Vibrationen die fahrzeugführenden Personen in Traktoren bei üblichen Tätigkeiten ausgesetzt sind.

Auch bei anderen Landmaschinen treten komfort- und gesundheitsrelevante Schwingungen auf. Feldhäcksler verfügen üblicherweise über ungefederte Achsen und große Reifen. Diese haben geringe Dämpfungen, so dass bei Anregung der Eigenfrequenzen diese nur langsam abklingen. Zur Reduktion der Nickschwingungen werden von Jung et al. zwei Ansätze ver-

folgt: Die Höhenverstellung des Frontwerkzeugs sowie eine Fahrgeschwindigkeitsänderung [16]. Für den ersten Ansatz kann durch Betätigung der Hydraulikzylinder zum Heben und Senken des Frontwerkzeugs ein Nickmoment erzeugt werden, welches dem Fahrzeugnickenmoment überlagert wird und dieses dabei reduziert. Da diese Regelung auf Grund der geringen Aktuatorleistung keine signifikante Reduktion erzielen und andere Methoden auf Grund der zeitvarianten Anregungen des Fahrzeugs durch ungleichförmige Untergründe nur eingeschränkt geeignet sind, wird als zusätzliche Größe die Fahrgeschwindigkeit verwendet. Bedingt durch den hohen Schwerpunkt kann ein Erhöhen oder Reduzieren der Fahrgeschwindigkeit ebenfalls ein Nickmoment erzeugen und so die Nickschwingungen gezielt reduzieren.

Die Dynamik von vollgefederten Traktoren mit Anbaugerät untersuchen Sieting et al. [17]. Es werden drei Konzepte zur Verbindung des Heckkrafthebers mit dem Fahrzeug gegenübergestellt, die sich hinsichtlich der Hinterachsfederung unterscheiden: Gefederte Hinterachse mit Anbaumasse am Fahrzeugrahmen, ungefederte Hinterachse (und somit ungefederte Anbaumasse) und gefederte Hinterachse mit Anbaumasse an der Achse. Mit Hilfe von Simulationen werden die drei Konzepte hinsichtlich Fahrkomfort und Fahrsicherheit bewertet. Die Ergebnisse zeigen für die simulierte Fahrt auf einer Teststrecke (Smoother Track aus der ISO 5008) mit konstanter Geschwindigkeit einen Vorteil des ersten Konzepts [18]. Dem Modell liegt ein vereinfachtes Reifenmodell zu Grunde. Das detailliertere Hohenheimer Reifenmodell verwenden Bürger und Böttinger für Fahrkomfortanalysen ebenfalls bei der Fahrt auf dem Smoother Track [19]. Es zeigt eine gute Übereinstimmung mit einer Abweichung der Beschleunigung nach ISO 2631-1 von ca. 3% [20].

## **Fahrerplatz**

Neben den spürbaren Vibrationen sind am Fahrerplatz weitere Faktoren wichtig für die Sicherheit und den Komfort. Besonders beim Rangieren und Rückwärtsfahren sind nicht alle Bereiche des Fahrzeugs für die fahrzeugführende Person einsehbar. Um Unfälle in diesen Situationen zu vermeiden, soll der von Fischer und Albayrak vorgestellte Sensor mit Auswerteeinheit Objekte und mögliche Kollisionen nicht nur darstellen, sondern aktiv erkennen [21]. Kameras und Spiegel, die nicht einsehbare Bereiche erfassen, erfordern viel Aufmerksamkeit. Das vorgestellte System soll dabei unterstützen und gezielt auf Gefahren aufmerksam machen, während ungefährliche Objekte ausgeblendet werden.

Auch von Continental wurde auf der Agritechnica eine Kabine präsentiert, welche die fahrzeugführende Person mit Hilfe aktueller Technik mit Informationen versorgen soll und besonderes Augenmerk auf Ergonomie, Übersichtlichkeit und Konnektivität legt [22]. So kann die Person durch eine Bluetoothverbindung einzelne Maschinenparameter auf dem Smartphone anzeigen und Smartphone-Informationen werden wiederum auf dem Display der Maschine angezeigt. Kameras, welche die Außenspiegel ersetzen und eine Rundumsicht aus der Vogelperspektive ermöglichen, sollen so das Rangieren erleichtern und Gefahren reduzieren. Da es bei der zunehmenden Anzahl an angezeigten Werten nicht immer einfach ist, die Übersicht zu behalten, versucht Valtra mit der auf der Agritechnica vorgestellten und als SmartGlass bezeichneten Windschutzscheibe, die wichtigsten Informationen direkt in das Blickfeld der fahrzeugführenden Person zu bringen [23]. Die Frontscheibe verfügt über ein

integriertes transparentes Display welches die wichtigsten Informationen abhängig von der aktuell durchgeführten Aufgabe darstellen kann. Für die Zukunft sind weitere sicherheitsrelevante Funktionen, wie etwa die Anzeige eines Überholvorgangs durch ein anderes Fahrzeug oder die Warnung vor Personen, die sich in Traktornähe aufhalten, vorgesehen.

Um die zunehmende Vielfalt an Einstellmöglichkeiten für verschiedene Aufgaben der Traktor-Anbaugerätkombination zu vereinfachen, stellt Claas ein Fahrerassistenzsystem vor. Mit Hilfe einer Benutzerschnittstelle, eines Berechnungsmoduls sowie einer Datenbank mit Expertensystem sollen die optimalen Parameter für jede Arbeitsaufgabe gefunden und zum Teil automatisch eingestellt werden [24; 25].

Da in der Landwirtschaft häufig schon Smartdevices wie Smartphones und Tablets eingesetzt werden, liegt die Möglichkeit der Steuerung einzelner Maschinenfunktionen über diese Geräte nahe. Da die Steuerung jedoch über den Maschinen-CAN-Bus bzw. ISOBUS erfolgt und hier hohe Anforderungen an die funktionale Sicherheit gestellt werden, untersucht Oetzel die technischen Fragestellungen die sich bei der Verwendung eines solchen Gerätes ergeben [26]. Auch Weich et al. beleuchten die funktionale Sicherheit für elektronische Funktionen von Traktoren [27].

Die Zukunft des Fahrerplatzes und der Mensch-Maschine-Schnittstellen von landwirtschaftlichen Maschinen betrachtet Krzywinski [28]. Auf dem Weg zur vollständigen Autonomisierung der Fahrzeuge sieht er die Herausforderungen für die fahrzeugführenden Personen vor allem in der Trennung von Maschine und Maschinenpersonal, der steigenden Anzahl an Maschinen pro fahrzeugführender Person und der generell steigenden Anzahl an Informationen. Als mögliche Entwicklungsstufen werden die drei Konzepte Schwarm Führer (Swarm Leader), Mobile Mensch-Maschine-Schnittstelle (Mobile HMI) und Mobiler Steuerungsraum (Mobile Control Room) vorgestellt. Während im ersten Konzept noch eine konventionelle Traktorkabine mit Erweiterungen zur Führung der folgenden Maschinen des Schwarms vorgesehen ist, kann im dritten Konzept die Steuerung vollständig aus einem beliebig entfernt liegenden Raum durchgeführt werden. Dabei nimmt die Unterstützung durch Technologien wie Head-Up-Displays, Augmented- und Virtual-Reality-Geräte und Gestensteuerung zu.

Auch Foster et al. präsentieren Konzepte für den Fahrerplatz der Zukunft [29]. Die Bedienung erfolgt über ein Fernsteuerungskonzept, in welchem die Steuerung der Maschinen über einen Büroarbeitsplatz mit verschiedenen Rechnern bzw. über einen On-board-Steuerungsplatz auf der mobilen Arbeitsmaschine umgesetzt wird. Die fahrzeugführende Person wird jeweils durch verschiedene Anzeigen, Karten und Live-Bildaufnahmen unterstützt. Bei dem auf der Farm Progress Show 2016 in den USA vorgestellten CNH Industrial Autonomous Concept Vehicle ist die Fahrerkabine vollständig entfallen (**Bild 3**).





**Bild 3:** CNH Industrial Autonomous Concept Vehicle [29]

**Figure 3:** CNH Industrial Autonomous Concept Vehicle [29]

Auch hier stellen die Autoren die große Bedeutung der funktionalen Sicherheit heraus, welche bei abwesendem Fahrer oder Fahrerin grundsätzlich neu überdacht und bewertet werden muss.

Ein weiteres Konzept für einen autonomen Schlepper stammt von New Holland, welches auf der SIMA in Paris prämiert wurde. Dieser verfügt jedoch noch über eine herkömmliche Kabine, welche die Flexibilität der Maschine verbessern soll [30].

Bei allen Neuerungen und Bestrebungen, den Menschen als Maschinenführer zu ersetzen stehen besonders für technisch nicht so weit entwickelte Märkte auch noch herkömmliche Fragestellungen der passiven Sicherheit durch Überrollschutzsysteme und die Staubbelastung in der Kabine im Fokus aktueller Forschungsarbeiten [31; 32].

## **Zusammenfassung**

Zahlreiche Lösungen zur Effizienzsteigerung von Traktoren insbesondere hinsichtlich des Rad-Bodenkontakts sowie der Echtzeiterfassung und Einstellung des optimalen Schlupfes wurden 2017 vorgestellt. Es ist auch für Traktoren ein zunehmender Trend zur Elektrifizierung von Komponenten zu beobachten, welche zunächst vor allem für eine verbesserte Fahrdynamik oder Hilfsaufgaben eingesetzt werden. Erste Konzepte für autonome Maschinen sowie Arbeiten zu neuen Bedienkonzepten, bei denen durch den Einsatz neuer Sensorik und automatischer Umfelderkennung eine Person für mehrere Maschinen verantwortlich ist, zeichnen eine weitere Entlastung der menschlichen Arbeitskraft ab.

## **Literatur**

- [1] Bumberger, R.; Klinger, W. und Botev, D.: Electric traction drive on a plough: More power for the driveline. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 23–30. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [2] Wieckhorst, J. und Fedde, T.: A Tractive Sensor: Integrated Measurement of Tire Soil Parameters for Tractors. LAND. TECHNIK-AgEng 2015 06.-07.11.2015 Hannover. In: VDI-Berichte 2251 (2015). S. 219–225. Düsseldorf: VDI Verlag 2015.

- [3] Peeters, M.; Kloster, V.; Fedde, T. und Frerichs Ludger: Integrated wheel load measurement for tractors. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 423–430. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [4] Wieckhorst, J.; Fedde, T. und Frerichs, L.: A Traction Field Test – Real Time Tire Soil Parameters of a Tractor in Tillage Applications. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). 431-328. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [5] Langer, T. H.: Model-in-the-Loop Tuning of Hitch Control Systems of Agricultural Tractors. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 191–198. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [6] N.N.: Zwei Systeme zur Steigerung der Effizienz der Zugkraft. URL – <https://www.fendt.com//de/fendt-variopull-und-variogrip.html>.
- [7] Himmelsbach, R.; Volpert, B. und Grad, K.: Electrified Front-Wheel Drive Concepts for Tractors Designed for Improved Traction Functions. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 31–38. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [8] Stempfer, Gerhard, Bebeti, Migen; Himmelbach, R. und Volbert, B.: Elektrifizierung in der Landtechnik: Technologien und Synergien, ATZ offhighway 10 (2017) H. 4. S. 66–69.
- [9] Woopen, T.: Teilhybridisierter adaptiver Antriebsstrang für allradangetriebene Acker-schlepper, ATZ offhighway 10 (2017) H. 2. S. 9–13.
- [10] Haussmann, F. und Obermeier-Hartmann, R.: The CLAAS AXION 900 TERRA TRAC Product Range: Benefits of the CLAAS Axion 900 halftrack tractor concept equipped with CLAAS Big Driver Terra Trac. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 127–134. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [11] Völker, M. und Stadie, W.: Elektrohydraulische Hinterachslenkungen für Agrarfahr-zeuge, ATZ offhighway 10 (2017) H. 4. S. 22–27.
- [12] Oksanen, T.: Extending ISO 11783 for four wheel steering and implement steering. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 461–468. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [13] ISO 11783-7:2015. Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network - Part 7: Implement messages application layer.
- [14] Ehlert, C. und Erger, L.: Development of an Intelligent Stretch Brake System. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 143–148. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [15] Karner, J.; Danner, C.; Kerschbaumer, A. und Prankl, H.: Definition of a test method to evaluate vibrations acting on a tractor driver. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 255–262. Düsseldorf: VDI Ver-lag 2017.

- [16] Jung, B.; Miller, B. und Herlitzius, T.: Control concepts for ride comfort improvements of harvesting machines with large headers. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 273–280. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [17] Sieting, M.; Krüger, J. und Meyer, H. J.: Evaluation of a Suspension Concept of a Hydropneumatic Full Suspended Tractor with Focus on the Dynamics in Combination with Implements. S. 281–290.
- [18] ISO 5008:2002. Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator.
- [19] Bürger, A. und Böttinger, S.: Driving comfort analysis of an agricultural tractor with the Hohenheim Tyre Model on complex tracks. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 263–272. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [20] ISO 2631:1997. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration.
- [21] Fischer, M. und Albayrak, M.: Aktive Kollisionswarnung für mobile Maschinen, ATZ offhighway 10 (2017) H. 2. S. 46–49.
- [22] N.N.: Voller Fokus auf den Fahrer: Optimierte Fahrzeugkabine für Landmaschinen, Mobile Maschinen (2017) H. 6. S. 42–44.
- [23] N.N.: Valtra auf der Agritechnica: Valtra SmartGlass steigert die Benutzerfreundlichkeit und Sicherheit. URL – [https://www.valtra.de/Valtra-auf-der-Agritechnica-Valtra-SmartGlass-steigert-die-Benutzerfreundlichkeit-und-Sicherheit\\_8578.aspx](https://www.valtra.de/Valtra-auf-der-Agritechnica-Valtra-SmartGlass-steigert-die-Benutzerfreundlichkeit-und-Sicherheit_8578.aspx), Zugriff am: 04.01.2017.
- [24] Meyer, L. und Noyer, P.: Holistic Tractor Setup and Optimization System: CLAAS Electronic Machine Optimization for the Tractor. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 185–190. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [25] N.N.: CLAAS gewinnt eine Gold- und vier Silbermedaillen. URL – <http://www.claas.de/faszination-claas/aktuell/meldungen/claas-gewinnt-eine-gold--und-vier-silbermedaillen/1334154>, Zugriff am: 01.01.2018.
- [26] Oetzel, K.: Tablet App to control safety critical functions on farming machines. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 537–544. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [27] Weich, C.; Bayer, D. und Puckmayr, D.: Sicherheitsrelevante Elektronikfunktionen für die Landtechnik, ATZ offhighway 10 (2017) H. 4. S. 56–59.
- [28] Krzywinski, J.: Developing a User Interface for Controlling Swarm Technology. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 79–84. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
- [29] Foster, C.; Posselius, J. und Lukac, B.: Autonomous Agricultural Machines: The Next Evolution in Farming. LAND. TECHNIK-AgEng 2017 10./11. Nov. 2017 Hannover. In: VDI-Berichte 2300 (2017). S. 85–92. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.

- [30] N.N.: Results of SIMA Innovation Awards 2017. URL – <https://en.simaonline.com/Palmares-Innovation-Awards/Innovation-Awards-results-2017>, Zugriff am: 04.012017.
- [31] Khorsandi, F.; Ayers, P. D. und Truster, T. J.: Developing and evaluating a finite element model for predicting the two-posts rollover protective structure nonlinear behaviour using SAE J2194 static test, Biosystems Engineering 156 (2017). S. 96–107.
- [32] Kic, P.: Influence of air-conditioning on dust level in drivers' cabin during the harvest of grain, Agronomy Research 15 (2017) H. 3. S. 745–750.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 16.02.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Krüger, Jan; Meyer, Henning Jürgen: Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151501>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/fahrsicherheit.html>

## **Bodenbearbeitungstechnik**

Thomas Herlitzius, André Grosa und Tim Bögel  
Institut für Naturstofftechnik (INT), TU Dresden

### **Kurzfassung**

Die Hersteller von Bodenbearbeitungstechnik verzeichneten 2017 moderate Umsatzzuwächse, die dem allgemeinen Trend der Branche folgen. Die größeren Hersteller erreichen weiterhin hohe Exportanteile von über 50%. Ziel der Entwicklungen sind z. B. automatisierte Geräteeinstellungen oder automatisierte Arbeitsabläufe sowie ein flexibler und "intelligenter" Einsatz. Neuentwicklungen wurden auf der Agritechnica im Bereich der Grubber- und Pflugtechnik vorgestellt. Verfahrensziele sind dabei ein zielgerichtet-variabler Geräteeinsatz bei konservierender Bodenbearbeitung, das optimale Unkraut-, Ernterest- und Bewuchs-Management sowie ein rationelles, exaktes Arbeiten am Vorgewende. Die Ziele werden mit einer großen Konfigurations- und Ausstattungsvielfalt bei den Geräten erreicht, die Entscheidung liegt beim Landwirt.

### **Schlüsselwörter**

Bodenbearbeitung, konservierende Systeme, Grubbertechnik, Pflugtechnik

## **Cultivation technology**

Thomas Herlitzius, André Grosa and Tim Bögel  
Institut für Naturstofftechnik (INT), TU Dresden

### **Abstract**

The manufacturers of tillage machinery posted moderate sales growth in 2017 following the general trend of the industry. The larger manufacturers continue to achieve high export shares of more than 50%. The trends of the developments are automated machine settings or automated workflows as well as more flexible, multipurpose and "smart" use of the equipment. New developments were presented at the Agritechnica machinery fair in the field of cultivator and plow technology. The process objectives are target-variable use of equipment in conservative soil cultivation, optimal weed management with crop residue and organic plant management as well as efficient, precise work on the foreshadow. The goals are achieved with a great variety of equipment configurations, the decision lies with the farmer.

### **Keywords**

Tillage, conservation tillage, cultivator technology, plow technology

## **Allgemeine Entwicklung**

Das Hersteller- und Gerätespektrum im Bereich Bodenbearbeitungssysteme bleibt im Vergleich zu Traktoren oder Erntemaschinen weiterhin sehr breit und differenziert sich hinsichtlich der Einsatzbedingungen und Verfahrensziele weiter aus. Nur ein Teil der Herstellerfirmen ist im Dachverband VDMA organisiert. Entwicklungskonzepte zielen auf flexible Anwendungen der Maschinen mit intelligenten, automatisierten Maschineneinstellungen für einen effizienten Einsatz [1]. Das zeigt sich beim Produktangebot (Agritechnica - Neuheiten 2017) in mannigfaltigen Konfigurationsvarianten für verschiedene Einsatzmöglichkeiten (z. B. hinsichtlich Verfahrensziel oder Bodensituation). Im Arbeitsprozess selbsteinstellende Systeme sind jedoch aufgrund der besonders vielfältigen Randbedingungen bei der Bodenbearbeitung noch nicht verfügbar.

Die Investitionsbereitschaft der landwirtschaftlichen Betriebe steigt nach pessimistischen Jahren erstmals wieder. In Maschinen und Geräte wollten die Betriebsleiter (Landwirte und Lohnunternehmer) in Deutschland ca. 15% (0.9 Mrd. €) der Gesamtinvestitionen tätigen. Das entspricht etwa einer Verdopplung gegenüber dem Vorjahr 2016 [2]. Der VDMA verzeichnete für deutsche Hersteller dem allgemeinen Trend folgend Umsatzsteigerungen im Bereich Maschinen und Geräte bis zu 9,1%. Der Zuwachs ergibt sich jedoch maßgeblich aus dem steigenden Exportgeschäft [3].

Die Exportmärkte spielen für Bodenbearbeitungstechnik weiterhin eine bedeutende Rolle. Im Bereich der Bodenbearbeitungstechnik werden von den großen Herstellern Exportanteile von über 50 bis 75% erreicht. Einen wichtigen Anteil daran haben die Länder Südost- und Osteuropas (mit Russland) [4].

Die Anzahl der Firmen, die Bodenbearbeitungstechnik in Deutschland herstellen bleibt auf hohem Niveau. Produktionskapazitäten und Fertigungsstandorte mit entsprechendem Produkt Know-how wurden auch nach Firmeninsolvenzen nicht aufgegeben. Das betrifft z. B. die Pflug- und Verschleißteilmontage der Vogel & Noot Landmaschinen GmbH durch Übernahme von Amazone [5] bzw. Frank Walz- und Schmiedetechnik GmbH [6].

## **Stoppelbearbeitung, konservierende Bodenbearbeitungssysteme**

### *Technik für flexibles Ernterestmanagement und mechanische Unkrautbekämpfung*

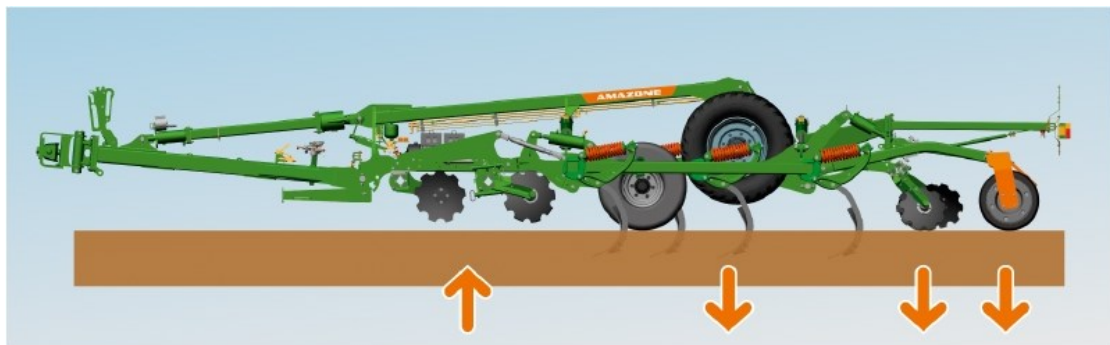
Dem Ziel, durch eine exakte und zielgerichtete Stoppelbearbeitung den Aufwand für chemischen Pflanzenschutz/Bestandsführung zu reduzieren, dienen eine Reihe von Weiterentwicklungen im Bereich der Kurzscheibeneggen und Grubberkombinationen.

Die Verbesserung der Strohverteilung oder eine Vorzerkleinerung der Erntereste und Stoppen in Querrichtung unmittelbar vor der Einarbeitung erreichen Schneidwalzen (z. B. Kerner, Väderstad) oder Strohsriegel (Lemken, Väderstad). Sie werden als optionales Modul vor das Scheiben- oder Grubberwerkzeugfeld montiert und sind separat in der Arbeitstiefe einstellbar.

Wichtigstes Segment bei der Grubbertechnik sind weiterhin die 3- und 4-balkigen Baureihen der Hersteller. Hier gab es Weiterentwicklungen, die auf der Agritechnica vorgestellt wurden.

Bei den Geräten sind heute freie Durchgangshöhen (in Arbeitsfahrt) von 50 cm bei Strichabständen von ca. 30 cm Standard. Schnellwechselsysteme für Schare haben sich durchgesetzt, 5 - 8 verschiedene Scharkonfigurationen sind wählbar, Scharsicherungen lösen ab ca. 5 kN bei Hindernissen aus.

Durch separate Tiefeneinstellung bzw. dem vollständigen Ausheben einzelner Funktionsbaugruppen können mit Grubberkombinationen verschiedene Arbeitsziele erreicht werden. Den Wechsel zwischen flacher und tiefer Bodenlockerung oder wahlweises Vorzerkleinern oder Rückverdichten wird z. B. mit der Grubberkombination Amazone - Ceus möglich [7]. Die Gerätebaureihe deckt Arbeitsbreiten im Bereich von 3 - 8 m ab. Zentraler Arbeitsbereich ist das Zinkenfeld mit sechs verschiedenen Scharvarianten im Schnellwechselsystem mit Strichabständen zwischen 27 - 30 cm (je nach Baureihe) für flache und tiefe Lockerung/Einmischung bis zu 30 cm Arbeitstiefe (**Bild 1**). Durch mittige Anordnung der Stützräder zur Tiefenführung im Zinkenfeld kann die Kombination auch mit ausgehobener oder ohne Nachlaufwalze eingesetzt werden. Hinter den Stützrädern laufende Zinken lockern den Boden wieder vollständig. Die vorlaufende Doppel-Scheibensektion kann ausgehoben oder im Tiefenbereich von 5 - 15 cm gefahren werden.



**Bild 1:** Aufgesattelte Grubberkombination Amazone Ceus (Foto: Werkbild Amazone)

**Figure 1:** Trailed disc harrow cultivator combination Amazone Ceus (Photo: Amazone)

Eine zielgerichtete Rückverfestigung ist bei der Stoppelbearbeitung, aber auch bei tieferer Grundbodenbearbeitung wichtig. Hier gibt es für den Landwirt Zielkonflikte bei der Walzenauswahl. Darauf reagierte Lemken mit dem Opti Change Walzenwechselsystem. Über ein Fanghakensystem sind verschiedene Walzen an die Geräte anbaubar und können auch zwischen Gerätetypen (z. B. Grubber oder Scheibenegge) gleicher Arbeitsbreite ausgetauscht werden [8].

#### *Kombinierter Zwischenfruchtanbau und Bewuchsmanagement*

Ein aus dem ökologischen Landbau bekanntes Verfahren zur Unkrautunterdrückung, Nährstoffstabilisierung und Erosionsreduzierung ist das Anbauen verschiedenster Zwischenfrüchte neben der Hauptkultur in die Fruchtfolge. Die positiven Effekte werden, z. T. in Kombination mit Greening Programmen, auch im konventionellen Landbau zunehmend eingesetzt. Die Nachfrage nach Technik für den Zwischenfruchtanbau und das nachfolgende Bewuchsmanagement steigt. Dafür bieten Hersteller in Bodenbearbeitungsgeräte integrierbare Lösungen



an. Zur Etablierung von Zwischenfruchtbeständen oder Unter- und Nachsaaten werden traditionell aufgesetzte, mechanische Zusatzstreuer verwendet, die das Saatgut breitwürfig in den Arbeitsbereich der Bodenbearbeitung applizieren oder bei größeren Arbeitsbreiten pneumatisch über flexible Saatschläuche und Prallverteiler vor die Nachlaufwalze applizieren (**Bild 2**). Der österreichische Hersteller APV bietet hier Systeme mit bis zu 500 l Tankvolumen und elektrischem oder hydraulischem Gebläseantrieb an. Mit bis zu 16 Saatgutausgängen kann auf bis zu 12 m Arbeitsbreite appliziert werden [9]. Diese Systeme sind auch einsetzbar für granulierten Dünger, Wuchshilfsstoffe oder Pflanzenschutzmittel (Schneckenkorn) und können auf vorhandene Bodenbearbeitungstechnik nachgerüstet werden. Gegenüber Breitstreuungssystemen im Traktor-Frontanbau gelingt ein exakteres Ausbringen. Mit verschiedenen Säwellen sind die Streugeräte an Fein- bzw. Grobsaatgut anpassbar. Aus der Sätechnik bekannte Optionen, wie Füllstandsensoren, Entleerungsfunktion, Abdrehschraube oder geschwindigkeitsabhängige Steuerung der Ausbringmenge sind verfügbar.



**Bild 2:** Pneumatisches Aufbausägerät APV PS 500 S (Foto: APV - Technische Produkte GmbH), [9]  
**Figure 2:** Pneumatic seeder system APV PS 500 S (Photo: APV - Technische Produkte GmbH), [9]

Zudem wurden Lösungen vorgestellt, die Exaktsäsysteme in die Geräte zur Bodenbearbeitung integrieren. So bietet beispielsweise der schwedische Hersteller Väderstad mit dem modularen BioDrill-System eine firmeneigene Lösung, die eine mechanische Aufbaudrillmaschine (Arbeitsbreiten bis 4 m) oder ein pneumatisches System (Arbeitsbreiten bis 12 m) in klappbaren Geräten integriert [10]. Mit Behältervolumen bis zu 360 l können auch kleine Feinsaatgutmengen ab 1 kg/ha ausgebracht werden. Die Aufbaubehälter sind mit allen Geräten des Herstellers kombinierbar, so z. B. der leichten und schweren Grubberbaureihen (Swift, Opus), der Kurzscheibenegge (Carrier), den Walzenbaureihen (Rollex, Rexius) und dem Mulchgrubber



(TopDown). Im Anbau an die Drillmaschinen (Rapid, Spirit) wird die Aussaat eines zusätzlichen Saatgutes (z. B. Untersaat) möglich. Der Hersteller Amazone entwickelte in diesem Segment das GreenDrill System als Aufbau­lösung für die Bodenbearbeitungstechnik bis 6 m Arbeitsbreite mit Tankvolumen von 200 bzw. 500 l weiter [7].

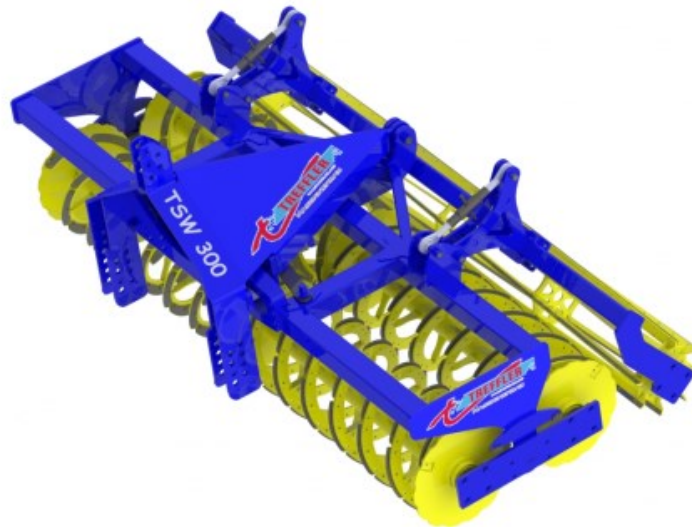


**Bild 3:** Väderstad BioDrill-System (mechanisch, BDX - Serie) auf einem Schwergrubber (Werkbild Väderstad) [10]

**Figure 3:** Väderstad BioDrill-System (mechanical, BDX - series) on a cultivator (Photo: Väderstad) [10]

#### *Zerkleinerung und Einarbeitung der Zwischenfruchtbestände*

Passive (nicht angetriebene) Technik zur Zerkleinerung und Vorbereitung gut entwickelter Zwischenfruchtbestände oder großer Mengen Ernteresten ist weiterhin ein wichtiges Thema, insbesondere für kleinere Hersteller. In Deutschland wird der Traktor-Frontkraftheber für Vorbau­lösungen (Arbeitsbreiten 3 - 6 m) genutzt. Hersteller wie Treffler [11] oder Wallner [12] haben sich in diesem Nischensegment etabliert und entwickeln ihre Systemlösungen technisch weiter. Integrierte Systeme bei den gezogenen Bodenbearbeitungsgeräten sind vorschneidende Scheiben- oder Messerwerkzeuge in 1-3 reihiger Anordnung vor dem Grubber (z.B. Kerner, Amazone). Ziel bleibt weiterhin der möglichst enge Schnitt (< 12 cm) in mehreren Ebenen mit kreuzenden Schnittlinien. Ein weiterer Ansatz stellt die Entwicklung von räumlich gezackten Scheibeneggen-Scheiben dar, die auf der Oberfläche ein rautenförmiges Schnittbild hinterlassen (CrossCutter Disc, Väderstad) [10].



**Bild 4:** Schneidwalzen-Kombination für den Traktor-Frontanbau (Treffler TSW 300) [11]

**Figure 4:** Cutting Roller combination for a tractor front hitch (Treffler TSW 300) [11]

### Wendende Bodenbearbeitung und Pflugtechnik

In der mitteleuropäischen Landwirtschaft wird der Pflug wieder verstärkt von kleinen und mittleren Betrieben eingesetzt. Pflughersteller bestätigen in den letzten Jahren eine kontinuierliche, moderat ansteigende Nachfrage [13]. Die Hersteller reagieren mit der Überarbeitung der Baureihen sowie neuen Modellen. Entwicklungsziele sind weiterhin die Verbesserung der Handhabung, insbesondere bei der Grundeinstellung vor der Arbeit, die optimale Zugkraftübertragung/Zuglinie Traktor - Pflug aber auch die Einstellungen während der Arbeitsfahrt.

Durch die Staffelung der Pflugkörper am Rahmen erreicht der Pflug heute am Vorgewende keine gerade Arbeitskante. Hier stellte Kuhn mit der Section-Control-(Einzelkörper)-Steuerung ein System vor, was diesen Nachteil vermeidet [14]. Durch separates Ausheben und Einschwenken jedes einzelnen Pflugkörpers exakt an der gleichen Stelle am Vorgewende werden gerade Arbeitskanten möglich (**Bild 5**). Das System arbeitet GPS-gesteuert ohne Eingriff des Schlepperfahrers und nutzt die Kinematik der hydropneumatischen Einzelkörpersicherung. Damit verbessert sich die Arbeitsqualität im Vorgewendebereich (Wendeergebnis und Ebenheit) durch das Vermeiden von Doppelbearbeitungen entscheidend, die Anzahl der Querfahrten wird verringert. Die Lösung wurde auf der Agritechnica mit einer Silbermedaille prämiert.



**Bild 5:** Kuhn Pflugsteuerung Section-Control für Pflüge [14]

**Figure 5:** Kuhn Plough-Section-Control [14]

### **Bodensensorik und Prozesseffizienz**

Weitere Schritte zur Verbesserung der Effizienz bei der Bodenbearbeitung wurden auf der Agritechnica vorgestellt. Die Entwicklungen wählen dabei unterschiedliche Ansätze für das gemeinsame Ziel des energieoptimalen Einsatzes von Werkzeugen in der Bodenbearbeitung.

Die Entwicklung eines elektrisch angetriebenen Pflugrades von ZF, John Deere und Pöttinger setzt auf die Nutzung von vertikalen Prozesskräften zur Erzeugung von Traktion auf dem Anbaugerät. Die Erschließung dieses Triebkraftpotentials eröffnet verschiedene Szenarien zur Prozessleistungsverbesserung. Durch die Unterstützung des Anbaugerätes durch selbsterzeugte Zugleistung kann das Gesamtgespann die Flächenleistung auf zwei Wegen erhöhen. Bei gleichbleibender Traktormotorleistung kann das Gesamtgespann bei gleichem Schlupf entweder seine Arbeitsgeschwindigkeit erhöhen oder bei gleichbleibender Geschwindigkeit zusätzliche Werkzeuge in Form von Pflugscharen aufnehmen. Beim Einsatz eines 8-Schar Pfluges anstelle eines 6-Schar Pfluges kann die Flächenleistung bei Einsatz des gleichen Traktors um bis zu 33% gesteigert werden (**Bild 6**).

Statt der Steigerung der Flächenleistung können auch die Energieeffizienz des Gespanns gesteigert und der Boden geschont werden. Anstelle von gesteigerter Fahrgeschwindigkeit oder zusätzlichen Werkzeugen kann ein leichter, nicht ballastierter Traktor mit gleicher Motorleistung bei verringertem Schlupf zum Einsatz kommen.





**Bild 6:** Pöttinger 8-Schar Pflug mit elektrisch angetriebenem Rad [15]

**Figure 6:** Pöttinger 8-furrow plough with electric driven wheel [15]

Ein anderer Ansatz zur Prozessverbesserung bei der Bodenbearbeitung ist die sensorgestützte Saatbettbereitung mit Hilfe von Stereoskopie-Kameras. Dieses Konzept wurde vom Josephinum Research, Wieselburg auf der VDI Landtechnik-Tagung im Rahmen der Agritechnica vorgestellt. Das Maschinenkonzept in Zusammenarbeit mit New Holland und Pöttinger erhielt auf der Agritechnica eine Silbermedaille. Die Stereoskopie-Kameras erzeugen ein digitales Oberflächenbild nach der Überfahrt mit einer Kreiselegge und bestimmen die Oberflächenrauheit des Arbeitsergebnisses. Die Einflüsse der Nachlaufwerkzeuge werden rechnerisch herausgefiltert und das Ergebnis mit den Zielgrößen des Benutzers verglichen. Der Prozessrechner der Kreiselegge passt anschließend per ISOBUS die Fahrgeschwindigkeit und die Zapfwelldrehzahl des Traktors an, um bei wechselnden Bodenbedingungen gleichbleibende Arbeitsergebnisse zu erzielen.



**Bild 7:** Pöttinger Kreiseleggen-Drillkombination mit kameragestützte Saatbettbereitung [16]

**Figure 7:** Pöttinger mechanical implement-mounted seed drill with image processing for seedbed preparation [16]

Dieses Anwendungsbeispiel zeigt das große Interesse an Sensorik für die Anwendung in der Bodenbearbeitung. Dass die Informationen sich nicht nur auf das Arbeitsergebnis der Maschi-

nen beschränken lassen, wurde auf dem Innovationsforum "Sensorbasiertes Biosphärenmonitoring – SeBiMo" im September 2017 herausgestellt. Die dort präsentierten Ergebnisse einer geförderten Studie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) bescheinigen Bodenparametern wie Bodenfeuchte, Bodenart, Humusgehalt oder Grundnährstoffversorgung enormes Potential für den Landwirt und die gesellschaftliche Akzeptanz der Landwirtschaft allgemein. Die zu entwickelnde Sensorik kann nicht nur wichtige Informationen zum optimalen Pflanzenwuchs liefern, sondern auch mittels transparenterer Pflanzenproduktion beim Endverbraucher verlorengegangenes Vertrauen in die Landwirtschaft wieder aufbauen. Die gezeigten Sensorkonzepte reichten von tischtennisballgroßen Sensorkugeln für ortsspezifische Bodenparameter (wie Feuchte, N-Gehalt, etc.) vom Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik bis zum echtzeitfähigen Bodenfeuchtesensor der TH Köln für die gesteuerte Saatgutablage.

## **Literatur**

- [1] Hartl, U.: Branchenanalyse Landtechnik - Entwicklungstrends und Herausforderungen, Hans Böckler Stiftung 2017, ISSN 2509-2359, S. 28ff.
- [2] N.N.: Konjunkturbarometer Agrar, Eilbote Nr. 16/ 2017, S. 10f.
- [3] Nonnenmacher, P.: Ag Tech Update, Presseinformation, VDMA Landtechnik 02/2018.
- [4] N.N.: Weiter gut in der Furche unterwegs, Eilbote Nr. 8/2017; S. 14ff.
- [5] N.N.: Branche - Amazone, Eilbote Nr. 5/2017, S. 22f.
- [6] N.N.: Frank Walz- und Schmiedetechnik GmbH: Mit Multiquick Schnellwechselsystem und neuer Farbe, Eilbote Nr. 21/2017, S.14
- [7] N.N.: Amazone. URL - <http://www.amazone.de> - Zugriff am 12.02.2018.
- [8] N.N.: Lemken Bodenbearbeitung. URL - <https://lemken.com/de/bodenbearbeitung/> - Zugriff am 12.02.2018.
- [9] N.N.: APV Bodenbearbeitung und Saat. URL - <https://www.apv.at/produkte/bodenbearbeitung> - Zugriff am 12.02.2018.
- [10] N.N.: Väderstad Drilling. URL - <https://www.vaderstad.com/en/drilling/mountable-small-seeders/biodrill> - Zugriff am 12.02.2018.
- [11] N.N.: Treffler Schneidwalze. URL - <http://www.treffler.net/de/produkte/agrartechnik/trefflerschneidwalze-2017-10-16-08-08-26> - Zugriff am 12.02.2018.
- [12] N.N.: Wallner Maschinen. URL - [www.wallner-maschinen.de/](http://www.wallner-maschinen.de/) - Zugriff am 12.02.2018.
- [13] N.N.: Branchenbericht - Lemken, Eilbote Nr. 8/2017, S. 14ff.
- [14] N.N.: Kuhn Pflüge. URL - <http://www.kuhn.de/de/range/pflge.html> - Zugriff am 12.02.2018.
- [15] N.N.: ZF Pflug. URL - [https://www.zf.com/corporate/media/corporate\\_6/products/product\\_range/non\\_automotive/agriculture\\_machinery\\_folder/exhibitions\\_and\\_events/Inno\\_Tractor\\_Pflug\\_corporate\\_textimage\\_contentwidth.jpg](https://www.zf.com/corporate/media/corporate_6/products/product_range/non_automotive/agriculture_machinery_folder/exhibitions_and_events/Inno_Tractor_Pflug_corporate_textimage_contentwidth.jpg) - Zugriff am 16.02.2018.

- [16] N.N.: Agritechnica. URL - [https://www.agritechnica.com/fileadmin/img/innovation\\_award\\_2017/produktfoto/Silber-2017-1172x879/Poettinger\\_Kameragestuetze\\_Saatbettbereitung\\_1.png](https://www.agritechnica.com/fileadmin/img/innovation_award_2017/produktfoto/Silber-2017-1172x879/Poettinger_Kameragestuetze_Saatbettbereitung_1.png) - Zugriff am 16.02.2018

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Herlitzius, Thomas; Grosa, André; Bögel, Tim: Bodenbearbeitungstechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151502>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/bodenbearbeitung.html>

## **Sätechnik**

Till Meinel,  
Institut für Bau- und Landmaschinentechnik Köln, Technische Hochschule Köln

### **Kurzfassung**

Technische Neuentwicklungen der letzten Jahre für die Sätechnik sind mittlerweile serienmäßig verfügbar und wurden zur Agritechnica 2017 präsentiert. Der Beitrag erläutert Ergebnisse von DLG-Prüfungen und gibt einen Überblick über aktuelle Verbesserungen an wichtigen Maschinenkomponenten, aber auch über interessante Neuentwicklungen kompletter Maschinen. Automatisierungslösungen zur Einzelkornsaat werden vorgestellt, die von der Schwarmtechnologie bis zur verbesserten Kornvereinzelung und -ablage bei hohen Geschwindigkeiten reichen. Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeiten umfassen ein breites Themenspektrum und betreffen u.a. die Arbeitsqualität bei Mischsaaten und dynamische Prozesse bei der Kornablage.

### **Schlüsselwörter**

Drillsaat, Einzelkornsaat, Kornvereinzelung, Schwarmtechnologie

## **Seeding Technology**

Till Meinel,  
Cologne Institute of Construction Machinery and Agricultural Engineering,  
TH Köln - University of Applied Sciences

### **Abstract**

Recent technical developments for seeding technology have meanwhile become available as standard and were presented at Agritechnica 2017. The article explains results of DLG-examinations and gives an overview of recent improvements to important machine components as well as interesting new developments of complete machines. Automation solutions for precision sowing are presented, ranging from swarm technology to improved grain separation and deposition at high speeds. Results of scientific papers cover a wide range of topics and include, among others the quality of work in mixed seeds and dynamic processes in seed placement.

### **Keywords**

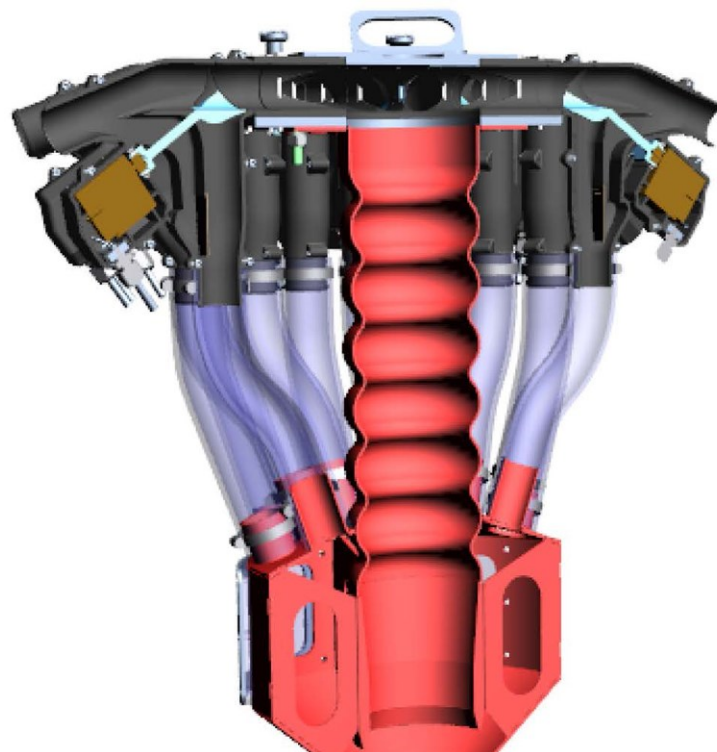
Drilling, precision sowing, seed singulation, swarm technology

## Einleitung

Die technische Entwicklung bei Drillmaschinen verlief in den vergangenen Jahren sehr schnell. Neue Konzepte vor allem im Bereich der Sensoren, der Getreidevereinzelung, aber auch bei Scharen, Dosierelementen und Bedienkonzepten wurden präsentiert. Die Hersteller entwickelten diese Lösungen intensiv weiter und präsentierten zur Agritechnica 2017 teils serienreife Ergebnisse. Das Angebot an Maschinen, die sowohl Drill- als auch Einzelkornsaat realisieren können, wächst und umfasst jetzt auch den Direktsaatbereich. Bei Einzelkornsämaschinen steht die Automatisierung der Kornvereinzelung und -ablage im Fokus, um die Ablagequalität bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten für wechselnde Saatgüter und Bodenbedingungen zu sichern.

## Drillsaat

Die individuelle Abschaltung jeder einzelnen Säreihe bei Drillmaschinen ermöglicht ein weiter entwickelter Verteilerturm von Horsch (**Bild 1**). Das System entkoppelt beim Schließen einer Säreihe das Saatgut vom Luftstrom. Die Luft entweicht durch einen Bypass über den Säschauch, das Saatgut gelangt mit Hilfe der Schwerkraft zurück in den Verteilerturm. Nach Angaben des Herstellers bleibt die Qualität der Querverteilung unbeeinflusst von der Säreihenabschaltung [1].



**Bild 1:** Verteilerturm mit Einzelreihenabschaltung [1]

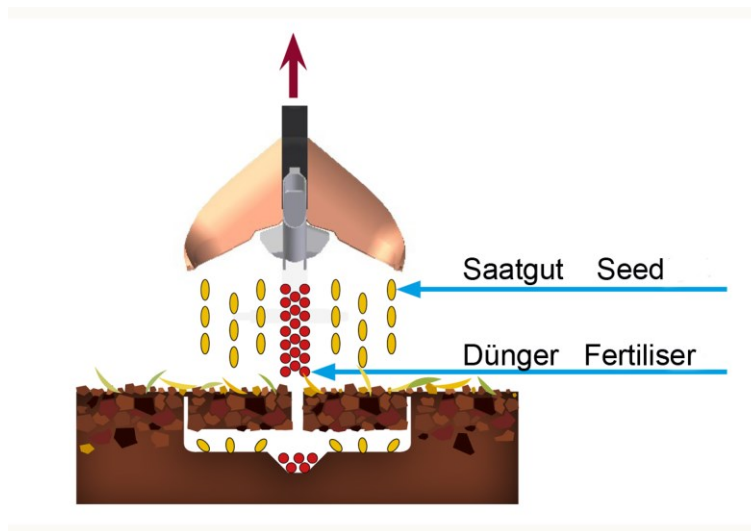
**Figure 1:** Distribution head with single-row shut-off [1]



Die Aussaat erzeugt besonders bei mittleren und großen Betrieben Arbeitsspitzen, die eine hohe Schlagkraft der eingesetzten Drillmaschinen erfordern. Unter solchen Bedingungen können absätzige Verfahren sinnvoll sein, die durch die Trennung von Saatbettbereitung und Aussaat gekennzeichnet sind. Für diesen Anwendungsfall entwickelte Horsch eine neue Solodrillmaschine mit Arbeitsbreiten von 10 und 12 m, die mit durchgehendem Reifenpacker und Doppelscheibenscharen ausgerüstet ist [2]. Das Wenden auf dem Packer am Vorgehende verringert den Bodendruck. Der Tank fasst 6.000 l und ist für die Kombination von Dünger und Saatgut im Verhältnis 60/40 aufteilbar. Die Dosierung von Mikrogranulat ist zusätzlich möglich. Die Großflächendrillmaschine ist nach Herstellerangaben für Arbeitsgeschwindigkeiten bis 20 km/h konzipiert, der maximale Schardruck beträgt 150 kg und der Leistungsbedarf liegt für die 12 m-Version bei relativ niedrigen 220 kW/300 PS.

Amazone bietet das bisher nur für mechanische Drillmaschinen verfügbare neue Bedienkonzept "SmartCenter" jetzt auch für pneumatische Drillmaschinen an [3; 4]. Die Kalibrierung und Vorbereitung der Sämaschine erfolgt komplett zentral. Die Bedienperson erledigt alle Arbeiten von einem ebenerdigen Standplatz aus. Kornablagentiefe und Schardruck lassen sich voneinander unabhängig einstellen. Ein an der Drillmaschine vorhandenes Tochterterminal ermöglicht das Kalibrieren per Knopfdruck.

Ein neues Flügelschar zur erosionsmindernden Saatgut- und Düngerablage stellt Arbos vor, **Bild 2** [5]. Das Schar besitzt speziell geformte Flügel und weist folgende Merkmale auf [6]: Minimale Bodenbearbeitung unterhalb der Mulchschicht, verstopfungsfreies Arbeiten, Saatgutablage getrennt von der Mulchschicht, guter Bodenschluss des Saatguts auch bei schwierigen Bedingungen (z.B. bei Maisstroh), Einhaltung der gewünschten Ablagetiefe auch in trockenen und steinigem Böden sowie bei starken Mulchauflagen.



**Bild 2:** Arbos Flügelschar [5]

**Figure 2:** Arbos Wing coulter [5]

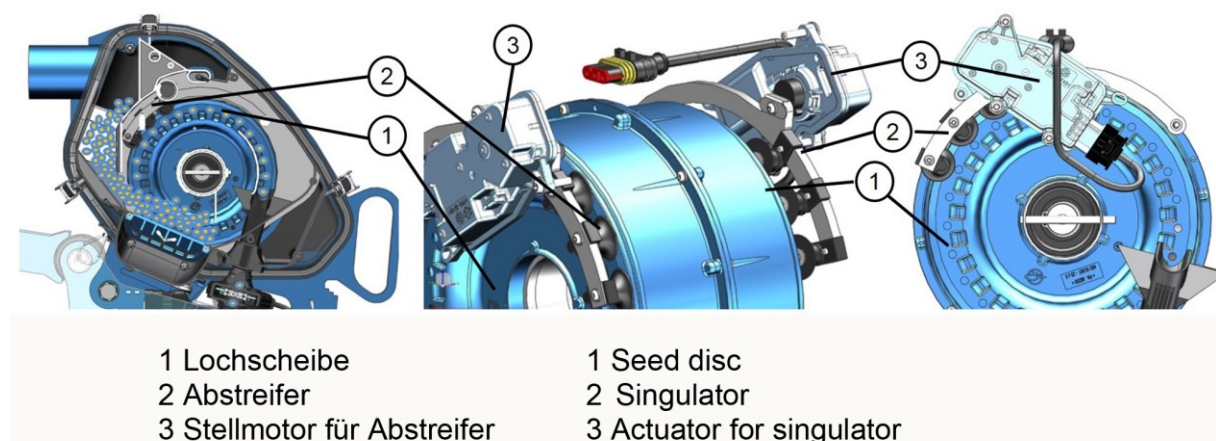
Der 2015 von Müller-Elektronik vorgestellte Sensor zur Kornerfassung in Drillmaschinen wurde weiterentwickelt [7]. Gesenkte Produktionskosten sind positiv zu bewerten, eine Herausforderung für die praktische Anwendung des Systems bleibt die erforderliche Kalibrierung. Mehrere Drillmaschinenhersteller führen Tests durch mit dem Ziel, selbstregelnde Drillmaschinen ohne die Notwendigkeit von Abdrehproben anzubieten.

2017 veröffentlichte die DLG zwei Prüfberichte für Drillmaschinen. Die mechanische Drillmaschine Cataya 3000 Super von Amazone wurde hinsichtlich Arbeitsqualität, Handhabung, Bedienung und Wartung sowie Sicherheit geprüft und erhielt für alle genannten Teilprüfungen das Zertifikat "DLG-anerkannt" [8]. Die pneumatische Drillmaschine Express 3KR mit SingularSystem von Horsch testete die DLG hinsichtlich ihrer Arbeitsqualität. Die Labortests ergaben sehr gute, gute und zufriedenstellende Resultate. Bei Feldtests mit Raps und Weizen erreichte die Maschine gute und sehr gute Ergebnisse und erhielt ebenfalls eine DLG-Anerkennung [9].

### Einzelkornsaat

Wachsende Schlagkraft ist bei Einzelkornsämaschinen nach wie vor eine wesentliche Kundenforderung. Mehrere Hersteller führen seit mehreren Jahren Events durch, um den Weltrekord bei der Maisaussaat zu verbessern. Im April 2017 stellte Väderstad mit einer 16-reihigen Maschine den aktuellen Rekord von 502,05 gesäten Hektar in 24 Stunden auf [10]. Wissenschaftler der Universität Gödöllő untersuchten die Arbeitsqualität. Folgende Werte wurden veröffentlicht: Variationskoeffizient der Pflanzenabstände 24,3 %; Genauigkeit der Ablagetiefe +/- 0,5 cm; Doppelbelegungen 0,35 % und Fehlstellen 1,21 %. Zur Agritechnica 2017 zeigte der Hersteller eine neu entwickelte 18-reihige Maschine für die Aussaat von Raps und Zuckerrüben mit 50 cm Reihenweite.

Mehrere Hersteller stellten automatisierte Systeme für die Optimierung der Kornvereinzelung an jeder einzelnen Säreihe vor, **Bild 3** [11; 12]. Elektrische Stellmotoren regeln die Einstellung der Kornabstreifer, basierend auf den Signalen der Körnersensoren.



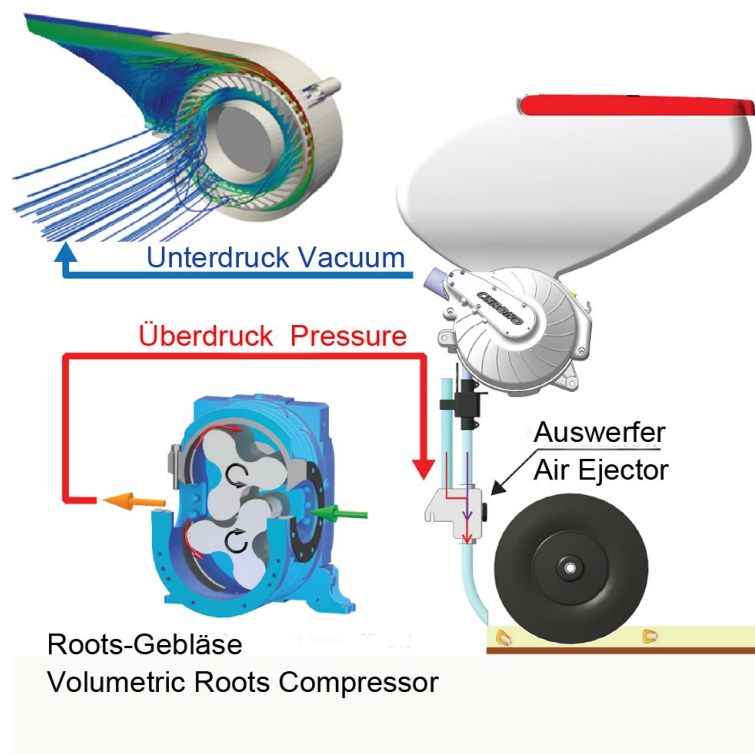
**Bild 3:** Selbstregelnder Abstreifer am Vereinzelungsaggragat [11]

**Figure 3:** Self-controlled singulator at a metering unit [11]

Diese Sensoren erfassen Fehl- und Doppelstellen im Anschluss an die Kornvereinzelung. Die Technik ermöglicht eine ständige Anpassung der Abstreiferstellung an sich verändernde Einflussparameter wie z. B. Kornformen und -größen, Fahrgeschwindigkeit oder Saatstärke. Der Fahrer erhält eine optische Information über die Ablagegenauigkeit und kann zusätzlich manuell nachjustieren.

Das Konzept einer Schwarmtechnologie für Landmaschinen wird von Wissenschaftlern seit Jahren diskutiert. AGCO Fendt zeigte zur Agritechnica erstmals eine praktische Umsetzung des Konzeptes. Kleine autonome Maschinen übernehmen im Schwarm die Maisaussaat, kommunizieren untereinander und dokumentieren ihre Arbeitsergebnisse. Satellitennavigation und Datenmanagement in der Cloud ermöglichen präzises Arbeiten rund um die Uhr [13].

Maschio stellt eine Entwicklung zur Verbesserung der Kornvereinzelung und -ablage bei Einzelkornsämaschinen vor, **Bild 4** [14]. Ein zusätzliches Roots-Gebläse erzeugt den Luftstrom zur definierten Kornablage. Ziel des Systems ist es, für alle Saatgüter und Arbeitsgeschwindigkeiten die optimalen Drücke und Luftgeschwindigkeiten für Vereinzelung und Ablage unabhängig voneinander einstellbar zu gestalten. Vor allem bei geringen Arbeitsgeschwindigkeiten und/oder leichten Saatgütern erwartet der Hersteller Verbesserungen der Ablagegenauigkeit.



**Bild 4:** Hybrid-Särohr von Maschio [14]

**Figure 4:** Hybrid Air Seed Tube by Maschio [14]

Kverneland entwickelte einen Fronttank zur präzisen Flüssigdüngerapplikation bei der Einzelkornsaat. Die elektronischen Systeme von Einzelkornsämaschine und Fronttank kommunizieren über ISOBUS und sorgen für automatisches Ein- und Ausschalten von Saat und Düngerapplikation. Dadurch entstehen weniger Überlappungen und Fehlstellen, der Austrag ungenutzter Nährstoffe in die Umwelt sinkt bei gleichzeitiger Möglichkeit, die Ausbringmengen zu reduzieren. Der Fronttank ist serienmäßig mit analoger und elektronischer Füllstandsanzeige ausgestattet [15].

Seit einigen Jahren wächst der Markt für Universalmaschinen, die sowohl Drillsaat als auch Einzelkornsaat erledigen können. Das 2013 vorgestellte Precision Combi Seeding-System (PCS) von Pöttinger wurde weiter verbessert und ist mittlerweile auf dem Markt etabliert. Jetzt stellte Mzuri eine Maschine vor, die für beide Verfahren auch unter Direktsaatbedingungen geeignet ist [16]. Die Unterfußdüngung in einer Überfahrt ist ebenfalls möglich. Die Reihenabstände können per Knopfdruck von der Traktorkabine aus verändert werden. Hydraulikzylinder heben jede zweite Schareinheit aus, um von Getreide- auf Maisaussaat umzuschalten. Für die Kornvereinzlung verfügt die Maschine über elektrisch angetriebene Vereinzlungsaggregate.

### **Forschungsergebnisse**

Mehrere Autoren untersuchten wesentliche Parameter der Aussaat wie Standraumverteilung und Ablagetiefe in der Praxis und deren Auswirkungen. Schmidt veröffentlichte Ergebnisse zum Einfluss von Standraumverteilung und Saattiefe auf Ertrag und Unkrautdruck bei Körnerleguminosen [17]. Von 2009 - 2017 auf 170 Betrieben in Deutschland erhobene Daten zeigen große Unterschiede bei der Genauigkeit der Tiefenablage. Vor allem bei Ackerbohnen wird die Solltiefe in vielen Fällen nicht erreicht, die gemessenen Werte streuen zwischen 2-3 und 11 cm. Ein gesicherter Zusammenhang besteht zwischen Homogenität der Bestände und dem Unkrautdruck. Dölger berichtet von Streuungen der Ablagetiefe bei der Drillsaat von Getreide zwischen 1 und 6,5 cm mit einem Variationskoeffizienten von 32,3 % [18].

Möglichkeiten zur punktgenauen Applikation granulierter Mineraldünger bei der Maisaussaat untersuchen Wissenschaftler der TH Köln im Rahmen des Forschungsprojektes Pudama. Über positive Auswirkungen vor allem auf die Jugendentwicklung der Bestände, aber auch auf den Ertrag berichtet Bouten [19]. Die vorgestellten Ergebnisse stammen aus einjährigen Feldversuchen, weitere Versuche sind für die kommenden Jahre geplant.

Sharipov untersuchte die dynamischen Prozesse bei der Tiefenablage einer Direktsaatmaschine [20]. Mittels georeferenzierter Messmethodik ermittelte er die Ablagetiefe im Feld. Diese Messergebnisse verwendet der Autor für Simulationen zur Entwicklung technischer Ansätze zur Verringerung der Tiefenstreuung. Erste Ergebnisse wurden vorgestellt und lassen deutliche Verbesserungen erwarten.

Untersuchungen zu Strömungsverhältnissen und daraus resultierenden Verteilungsungenauigkeiten an Verteilerköpfen pneumatischer Drillmaschinen stellte Yatskul vor [21]. Anhand der Ergebnisse von High-Speed Aufnahmen lässt sich die Geometrie der Verteilerköpfe verbessern.

Die Regelung des Auflagedrucks bei Einzelkornsämaschinen hat in den vergangenen Jahren vor allem durch Entwicklungen von John Deere, Horsch und Kverneland an Bedeutung gewonnen und wird schrittweise in die Praxis eingeführt. Sharda entwickelte einen Prüfstand und beschreibt am Beispiel des Horsch AutoForce-Systems das Systemverhalten unter realitätsnahen Bedingungen [22].

Rothmund stellt ein Bussystem für eine verbesserte on-board Diagnose und Systemverfügbarkeit bei Einzelkornsämaschinen vor [23]. Das System realisiert eine redundante Kommunikation über den CAN-Bus, stellt auch im Falle von kurzzeitigen Kontaktproblemen oder Unterbrechungen im Kabelbaum die Funktion sicher und vereinfacht die Fehlerdiagnose.

Die Nutzung der Impedanzspektroskopie zur Echtzeit-Bodenfeuchtemessung war Gegenstand eines Forschungsprojektes an der TH Köln [24; 25]. Einflüsse von Feuchtigkeit, Bodenart, Temperatur und pH-Wert auf die relative Permittivität des Bodens wurden im Labor untersucht. Neben eindeutigen Abhängigkeiten zeigten sich jedoch auch starke Einflüsse weiterer Faktoren wie z. B. Düngergehalt. Hier stößt das Verfahren nach bisherigen Erkenntnissen an seine Grenzen für den vorgesehenen Einsatzfall.

Das Abwurf- und Flugverhalten von vereinzelt Maiskörnern am Säherz eines AGCO White 9000 Planters beschreibt Yazgi in [26]. Die Untersuchungen bei verschiedenen Säscheiben, Kornfrequenzen und Neigungswinkeln wurden in Längs- und Querrichtung simultan gefilmt. Die Auswertung erfolgte parallel mittels MATLAB-Algorithmen und Image Processing. Modellgleichungen zur Optimierung des Quality of Feed-Index (QFI) ergaben für jede Säscheibe optimale Parameterkombinationen.

In der Türkei werden verstärkt Futterpflanzen als Mischsaaten angebaut. Yazgi [27] untersucht eine handelsübliche mechanische Drillmaschine mit zwei getrennten Nockenraddosiersystemen für Saatgut und Dünger hinsichtlich der Aussaatqualität. Als Saatgüter verwendeten die Autoren Gerste (*Hordeum vulgare* L.) und Futterwicke (*Vicia sativa* L.), die Aussaatqualität ermittelten sie mit Hilfe eines Leimstreifenprüfstandes. Untersucht wurden drei Mischungsverhältnisse sowie zwei 100 %-Varianten bei Geschwindigkeiten von 1; 1,5 und 2 m/s. Die untersuchte Maschine erwies sich grundsätzlich als geeignet, die Verteilqualität wurde mit "gut" bewertet. Die Dosierqualität im Düngerdosiergerät war für beide Saatgüter "befriedigend".

Hao entwickelte ein kompaktes Messsystem zur Überprüfung der Vereinzelungsgenauigkeit von Säherzen bei Einzelkornsämaschinen [28]. Das Gerät nutzt einen optischen Sensor zur Saatguterfassung und wurde an vier verschiedenen Säherzen erfolgreich getestet. Die Geschwindigkeiten lagen zwischen 3 und 12 km/h, die Kornabstände zwischen 15 und 25 cm.

Forscher der Universität Bonn untersuchen die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als ökonomisch und ökologisch interessante Alternative zum Silomais als Biogassubstrat. Schäfer quantifizierte geometrische Parameter der Saatkörner dieser in Nordamerika beheimateten Pflanze [29] mit dem Ziel einer Einzelkornsaat mit handelsüblicher Technik. Zwei getestete Saatgutchargen enthielten Körner unterschiedlicher Größen und Formen, bedingt durch eine lange Blütedauer und unterschiedliche geographische Herkunft. Eine präzise Saatgutvereinzelung ist dadurch erschwert.

Der aktuelle Stand der Sätechnik für Körnerleguminosen, vor allem für die Aussaat von Erbsen und Ackerbohnen ist in [30] zusammengefasst. Diese Fruchtarten erlangen in Zukunft größere Bedeutung u.a. durch ihre positiven Fruchtfolgeeigenschaften, die Auswirkungen der Greening-Vorschriften und das Bestreben Deutschlands nach größerer Unabhängigkeit von Soja-Importen. Anforderungen an zukünftige Technik-Entwicklungen umfassen z. B. angepasste Schartechnik, verbesserte Einbettungswerkzeuge sowie Möglichkeiten für variable Reihenweiten und zur Ausbringung von Mischsaaten.

## **Zusammenfassung**

Im Bereich der Drillmaschinen stellt der Beitrag sowohl Verbesserungen an wichtigen Komponenten als auch komplett neu entwickelte Maschinen vor. Ein optimierter Verteilerkopf für pneumatische Drillmaschinen mit individueller Einzelreihenabschaltung realisiert die gleichbleibend gute Querverteilung auch bei der Anlage von Fahrgassen. Die verbesserte Saatgut- und Düngereinbettung bei minimaler Bodenbewegung ist das Ziel eines Flügelschares mit neu entwickelter Kontur. Eine neue Sensorgeneration zur Kornerfassung wird von mehreren Herstellern getestet und ist auf dem Weg zur Praxisreife. Aktuelle Entwicklungen bei Komplettmaschinen betreffen Großflächendrillmaschinen für absätzbare Verfahren und Aufbaumaschinen mit stark verbesserter Bedienerfreundlichkeit. Die DLG testete im Jahr 2017 zwei Drillmaschinen und veröffentlichte die Prüfberichte.

Die vorgestellten Neuheiten bei der Einzelkornsätechnik umfassen ein breites Spektrum. Das erste kommerziell verfügbare System der Schwarmtechnologie dient der Maisaussaat. Mehrere Hersteller optimieren die Kornvereinzelung an jeder einzelnen Säreihe durch geregelte Kornabstreifer. Ein zusätzliches Pneumatiksystem bei pneumatischer Kornvereinzelung passt die Transportgeschwindigkeit an das Saatgutkaliber an und verbessert dadurch die Ablagegenauigkeit. Die ressourcenschonende Flüssigdüngerapplikation zur Maisaussaat ist Ziel einer neuen Fronttankmaschine, die auch Komponenten aus der Pflanzenschutztechnik nutzt. Eine Universalmaschine für Getreide- und Einzelkornsaat unter Direktsaatbedingungen wird vorgestellt.

Forschungsarbeiten betreffen Standraumverteilung und Tiefenstreuung bei Leguminosen und Getreide, die punktgenaue Applikation granulierter Dünger zur Maisaussaat, spezifische Anforderungen an Sätechnik für Körnerleguminosen, die Beschreibung und Verbesserung dynamischer Prozesse bei der Kornablage mit Direktsämaschinen, die Optimierung der Strömungsverhältnisse in Verteilerköpfen pneumatischer Drillmaschinen, die Untersuchung der Auflagedruckregelung bei Einzelkornsämaschinen, die on-board Diagnose bei Einzelkornsämaschinen, die Echtzeit-Bodenfeuchtemessung mittels Impedanzspektroskopie, Untersuchungen zum Flugverhalten von Maiskörnern im Anschluss an die Kornvereinzelung, die Verwendbarkeit handelsüblicher Nockenrad- Drillmaschinen für die Aussaat von Mischsaaten, ein mobiles Messsystem zur Überprüfung der Vereinzelungsgenauigkeit von Säherzen bei Einzelkornsämaschinen sowie die Bestimmung geometrischer Parameter vom Saatgut der Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.).

## Literatur

- [1] Stangl, J.: Neuheiten Horsch Sätechnik. Persönliche Mitteilung, 19.12.2017.
- [2] Horsch Serto 10/12 SC – Eine neue Großflächensämaschine. URL – <http://www.horsch.com/agritechnica/neuheiten-2017/detail-view/>, zuletzt geprüft am 04.01.2018.
- [3] Meinel, T.: Sätechnik. URL – [http://digisrv-1.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal\\_derivate\\_00042105/jahrbuchagrartechnik2016\\_saetechnik.pdf](http://digisrv-1.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00042105/jahrbuchagrartechnik2016_saetechnik.pdf), Zuletzt geprüft am 06.01.2018.
- [4] Klemann, T.: SmartCenter für die pneumatische Aufbausäkombination Amazone Centaya 3000 Super - Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2017; Amazonen - Werke Hasbergen-Gaste.
- [5] Vendrasco, L.: Sämaschine Arbos ASF - Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2017; Lovol Arbos Group Migliarina di Carpi (MO) IT.
- [6] Marinello, F.; Pezzoulo, A.: Technischer Bericht Sämaschine ARBOS ASF 600. Universität Padua, 2017.
- [7] Meyer zu Hoberge, S.; Liebich, M.; Martella, P. (2017): Counting seeds in pneumatic drills. LAND.TECHNIK AgEng 2017. Hannover, 10.-11.11.2017.
- [8] Schuchmann, G. H.: DLG-Prüfbericht 6794 - Mechanische Drillmaschine Amazone Cataya 3000 Super. DLG Testzentrum Technik und Betriebsmittel; Groß-Umstadt 2017.
- [9] Schuchmann, G. H.: DLG-Prüfbericht 6795 - Pneumatische Drillmaschine Express 3KR mit SingularSystem. DLG Testzentrum Technik und Betriebsmittel; Groß-Umstadt 2017.
- [10] N.N.: URL – <https://www.vaderstad.com/de/einzelkorntechnik/tempo-planter/die-weltrekord-tempo/>, zuletzt geprüft am 04.01.2018.
- [11] Giesen, G.: DeltaRow, Autokalibrierung mit geregelterm Abstreifer - Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2017; LEMKEN GmbH & Co. KG Alpen.
- [12] Vendrasco, L.: Einzelkornsämaschine mit intelligentem Kornabstreifer - Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2017; MaterMacc S.p.A. San Vito Al Tagliamento, IT.
- [13] Nuscheler, S.: MARS - Mobile Agricultural Robot Swarms - Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2017; Agco Fendt GmbH Marktoberdorf.
- [14] Donadon, G.: Chrono Hybrid Seed Air Tube - Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2017; MASCHIO Deutschland GmbH Thalmässing.
- [15] N.N.: Kverneland iXtra LiFe – Fronttank für die Flüssigdüngerausbringung bei der Einzelkornaussaat. URL – <https://agritechnica.kvernelandgroup.de/content/download/>, Zuletzt geprüft am 03.01.2018.

- 
- [16] Dacyk, K.: Mzuri Pro-Til Select - Neuheitenanmeldung zur Agritechnica 2017; Agro-Land Marek Rozniak Smielin PL.
- [17] Schmidt, H.: Einfluss der Standraumverteilung und Saattiefe von Körnerleguminosen auf Ertrag und Unkrautdruck. DLG-Fachforum "Pflanzenbau live". Hannover, 13.11.2017.
- [18] Dölger, D.; Willerding, M. : Einsatz von Sensortechnik in der Bodenbearbeitung – Nutzen für die Beratung. Innovationsforum Bodenbearbeitung und Sensortechnik. Köln, 12.-13.09.2017.
- [19] Bouten, M.: Punktgenaue Düngerapplikation zur Maisaussaat PUDAMA - Innovative Düngungssysteme in Mais, Raps und Getreide. DLG-Fachforum "Pflanzenbau live". Hannover, 13.11.2017.
- [20] Sharipov, G.: Defining the Dynamic Performance of a No-Till Seeder by Measuring the Geo-Referenced Seeding Depth. LAND.TECHNIK AgEng 2017. Hannover, 10.-11.11.2017.
- [21] Yatskul, A.; Lemiere, J. P.: Reasons of irregularity of seed distribution in the divider heads of air-seeders. LAND.TECHNIK AgEng 2017. Hannover, 10.-11.11.2017.
- [22] Sharda, A., Strasser, R., Rothmund, M.: Development and Utilization of a Planter Automatic Downforce Evaluation Test Stand to quantify System Response and Accuracy. LAND.TECHNIK AgEng 2017. Hannover, 10.-11.11.2017.
- [23] Rothmund, M.; Villwock, S.; Pollinger, P.: Redundant Communication in Daisy Chains for Improved Diagnostics and System Reliability in Planters. LAND.TECHNIK AgEng 2017. Hannover, 10.-11.11.2017.
- [24] Schmidt, T.: Untersuchung von Bodenparametern mehrerer Bodenarten zur Entwicklung eines Bodenfeuchtesensors mit Hilfe der Impedanzspektroskopie. 74. Internationale Tagung Land.Technik 2016. Köln, 22.-23.11.2016.
- [25] Meinel, T.: Bodenfeuchtemessung in Echtzeit. Innovationsforum Bodenbearbeitung und Sensortechnik. Köln, 12.-13.09.2017.
- [26] Yazgi, A. et al: Characteristics of a Corn Planter Metering Unit using Response Surface Methodology. In: Applied Engineering in Agriculture, 33(2), S. 181–189.
- [27] Yazgi, A. et al: Seed Mixture Flowing Characteristics of a Seed Drill for Mixed Seeding. In: Applied Engineering in Agriculture, 33(1), S. 63–71.
- [28] Hao, Y. e. a.: Development of an Instrument to measure Planter Seed Meter Performance, In: Applied Engineering in Agriculture, 33(1), S. 31–40.
- [29] Schäfer, A.; Damerow, L.; Schulze Lammers, P.: Bestimmung der Korngeometrie der Durchwachsenen Silphie als Voraussetzung für die Einzelkornsaat. In: Landtechnik, 72(3), S. 122–129.
- [30] Meinel, T.: Sätechnik für Körnerleguminosen - Ackerbohnen, Erbsen & Co.. DLG-Fachforum "Pflanzenbau live", Hannover, 13.11.2017.
-



**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 10.01.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151505>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/saetechnik.html>

## **Neue technische Lösungen für die präzise und sichere Anwendung von Pflanzenschutzmitteln**

J. K. Wegener

Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

### **Kurzfassung**

Die Entwicklung von Feldspritzgeräten hat einen hohen Standard erreicht. Moderne Geräte können aufgrund von Automatisierung und Assistenzsystemen eine große Applikationsqualität, kombiniert mit geringen Risiken für Anwender und Umwelt, erreichen. Aber gerade jetzt, wo eine nie gekannte Präzision in der gleichmäßigen Verteilung von Pflanzenschutzmitteln über die Fläche erreicht wurde, stehen neue Ziele ins Haus. Teilflächenspezifische Applikation heißt das Gebot der Stunde, das, mit den Werkzeugen der Digitalisierung und der Präzisionslandwirtschaft, eine enorme Steigerung der Effizienz bei gleichzeitiger Senkung von Risiken erreichen kann. Dabei steht nicht mehr nur die Verbesserung von einzelnen Funktionen im Fokus, als vielmehr der gesamte Prozess.

### **Schlüsselwörter**

Pflanzenschutzgeräte, Direkteinspeisung, Automatisierung, Assistenzsysteme

## **New technical solutions for precise and safe application of plant protection products**

J. K. Wegener

Julius Kuehn-Institute, Institute for Application Techniques in Plant Protection, Brunswick

### **Abstract**

The technical development of field crop sprayers have reached a high level. Due to automation and assistance, modern sprayers are able to achieve very high application quality combined with low risks for environment and operator as well as high efficacy. But, the requirement to spray plant protection products as homogeneously as possible all over the field runs out of date. Due to possibilities arising from precision farming and digitalization of agriculture the idea of site-specific application moves closer to realisation. Moreover, the efficacy and safety of plant protection can still be raised by looking on the whole process of plant protection.

### **Keywords**

Field crop sprayer, direct injection, automation, assistance systems

## **Einleitung**

Wie kann man eine kleine Menge Aktivsubstanz ohne Abdrift auf Nicht-Zielflächen präzise und gleichmäßig über das ganze Feld verteilen? Dies war die dominierende Frage für die Konstruktion von Pflanzenschutzgeräten in den vergangenen Dekaden. Die Entwicklung zielte hauptsächlich auf die gleichmäßige Querverteilung und die Minimierung der Abdrift. Erreicht wurde dies mit den Methoden des Maschinenbaus und der Mess- und Regelungstechnik. Mit den Möglichkeiten, die uns heute durch die Digitalisierung und die Präzisionslandwirtschaft zur Verfügung stehen, haben sich dagegen die technologischen Optionen wesentlich vergrößert. In den letzten zehn Jahren haben diese Werkzeuge dabei geholfen, eine ganze Reihe von Funktionen an Feldspritzgeräten zu verbessern, um die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln noch präziser zu gestalten und um die damit verbundenen Risiken weiter zu senken. Trotzdem, oder gerade deshalb, unterliegt der Pflanzenschutz aktuell einem Transformationsprozess. Die aktuellen Schlüsselwörter bei den Feldspritzgeräten lauten "teilflächenspezifische Applikation" und "Automation". Letzteres bezieht sich nicht mehr nur auf einzelne Funktionen, sondern auf den gesamten "Prozess Pflanzenschutz".

## **Feldspritzgeräte: Stand der Technik**

In modernen Feldspritzgeräten sind eine ganze Reihe von Funktionen automatisiert worden (z.B. [1,2]). Es gibt Maschinen auf dem Markt mit GPS-gesteuerter Teilbreitenschaltung bis hin zur Einzeldüsenschaltung. Dabei kann das ordnungsgemäße Funktionieren einer jeden Düse elektronisch überwacht werden und zudem das aktuelle Tropfenspektrum in Echtzeit auf einem Monitor in der Traktorkabine angezeigt werden. Ein Düsenwechsel, z.B. in auflagenbewerten Randbereichen auf abdriftmindernde Düsentechnik oder auf Randdüsen, kann automatisch vollzogen werden. Es gibt Assistenzsysteme, welche die Gestängehöhensteuerung sowie den Hangaussgleich übernehmen. Bei einigen Herstellern kann sich dabei das Gestänge sogar an die Feldtopologie anpassen [3]. Andere Systeme halten die Anhängespritze auch unter hohen Anforderungen, beispielsweise am Hang, in der Spur. In Kurvenfahrten wird die Applikationsrate in den einzelnen Teilbreiten im Gestänge angepasst, um eine gleichmäßige Verteilung zu erzielen [4]. Neuste Entwicklungen erlauben sogar die Kompensation von schwingungsbedingten Unregelmäßigkeiten in der Längsverteilung [5]. Nach der Anwendung kann das Feldspritzgerät auf Knopfdruck von der Kabine aus vollautomatisch gereinigt werden. Druckluftspülungen des Leitungssystems helfen dabei die technische Restmenge im Gerät zu minimieren. Auch beim Anmischen der Spritzbrühe gibt es mehr Sicherheit für den Anwender. Durch Close Transfer Systeme können Spritzmittel ohne direkten Kontakt in das Gerät eingespült werden [6]. Um die bestmögliche Effizienz bei der Nutzung von Pflanzenschutzmitteln zu garantieren, bieten Sensorsysteme an der Einspülschleuse auf berührungslosem Wege Informationen zur Temperatur und pH-Wert des Wassers. Kategorie 4 Kabinen nach EN 15695-1 schützen den Anwender nicht nur vor Staub und Aerosolen, sondern auch vor Dämpfen, die bei einigen wenigen Pflanzenschutzmitteln entstehen können.

Alle diese genannten technischen Merkmale sind Beispiele für die fortschreitende Automatisierung der Spritzgerätetechnik. Sie helfen dabei Pflanzenschutzmittel präziser zu

applizieren, sparen Pflanzenschutzmittel ein, reduzieren das Abdrift-Risiko oder verbessern den Anwenderschutz. Aber, alle diese Merkmale haben auch gemeinsam, dass sie sich letztlich auf eine einzelne Funktion des Pflanzenschutzgerätes fokussieren.

### **Teilflächenspezifische Applikation**

Die teilflächenspezifische Applikation ist eine der wichtigsten Herausforderungen in der Pflanzenschutztechnik, um einen wesentlichen Schritt bei der Einsparung von Pflanzenschutzmitteln zu machen, was automatisch zu positiven Effekten im Hinblick auf die beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln einhergehenden Risiken führt. Um eine solche Bewirtschaftungsweise umzusetzen, sind zwei grundlegende technologische Anforderungen zu lösen. Als erstes werden teilflächenspezifische Informationen über die Verteilung von Unkräutern sowie tierischen und pilzlichen Schaderregern benötigt, um den Einsatz mit verschiedenen Pflanzenschutzmitteln planen zu können. Hier sind entsprechende sensorbasierte Verfahren und Datenaufbereitungstechnologien notwendig. Als zweites braucht es ein Feldspritzengerät, mit dem unterschiedliche Pflanzenschutzmittel getrennt voneinander appliziert werden können. Das kann mit Hilfe der Direkteinspeisung gelöst werden.

Auf dem Markt hat es bereits Versuche gegeben eine teilflächenspezifische Applikation umzusetzen. Auf der Agritechnica 2015 wurde das System "AmaSpot" präsentiert [7]. Dabei handelt es sich um eine Feldspritze, die mit Sensoren zur "Gründetektion" sowie einzelschaltbaren Düsen im 25cm Abstand mit Pulsweitenmodulation ausgestattet ist. Mit diesem System kann jedoch nur eine einzelne Anwendung, die Herbizidbehandlung von Stoppeläckern im Rahmen der pfluglosen Bodenbewirtschaftung, durchgeführt werden. Für andere Zwecke ist eine teilflächenspezifische Applikation mit diesem System nicht möglich, da ein Gründetektor für andere Anwendungsfälle nicht ausreichend Informationen liefert und das Feldspritzengerät nicht über Direkteinspeisung verfügt.

Andere Prototypen mit Direkteinspeisung, die in den letzten 30 Jahren vorgestellt wurden, hatten jeweils im Detail eines oder mehrere der nachfolgenden technischen Probleme: zu lange Reaktionszeiten beim Erreichen der gewünschten Pflanzenschutzmittelkonzentration beim Ein- und Ausschalten, mangelhafte Dosiergenauigkeiten, unzureichende Reinigungsmöglichkeiten und fehlende Schlagkraft [8].

Ein weiterer Feldspritzengeräteprototyp mit Direkteinspeisung, bei dem alle zuvor genannten Probleme gelöst sind, wurde ebenfalls auf der Agritechnica 2015 vorgestellt. Das Gerät wurde in einem gemeinsamen Forschungsprojekt zwischen der Firma Dammann und dem Julius Kühn-Institut entwickelt. Der Prototyp erreicht beim Einschalten sofort die gewünschte Soll-Konzentration, die Dosiergenauigkeit liegt bei flüssig formulierten Pflanzenschutzmitteln in einer Bandbreite von  $\pm 7\%$ , das Gerät kann vollständig gereinigt werden und verfügt über die Schlagkraft einer normalen Feldspritze. Insgesamt können drei verschiedene Pflanzenschutzmittel über drei separate Düsenleitungen unabhängig voneinander ausgebracht werden [8].

Trotzdem gibt es auch hier noch Beschränkungen im praktischen Gebrauch: Festformulierte Pflanzenschutzmittel können über die Direkteinspeisung nicht ausgebracht werden, die Spritze kann allerdings auch als konventionelles System mit Tankmischungen betrieben werden. Die Funktionalität der Teilbreitenschaltung kann bei Pflanzenschutzmitteln mit geringer Dosierung ( $<0,5 \text{ l/ha}$ ) gekoppelt mit geringer Fahrgeschwindigkeit ( $\leq 6 \text{ km/h}$ ) eingeschränkt sein. Des Weiteren verdoppelt oder verdreifacht sich die Wasseraufwandmenge mit jeder zusätzlichen Direkteinspeiseeinheit, die gleichzeitig betrieben wird [9]. Praktische Versuche haben jedoch gezeigt, dass die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln dadurch nicht beeinflusst wird [10].

Mit Blick auf die grundsätzlichen Anforderungen an eine teilflächenspezifische Applikation stellt die Sensortechnik zur Unkraut- und Schaderregererkennung derzeit noch das größte Problem dar. Unkrautererkennung mit Kamerasystemen läuft aktuell entweder über "Gründetektoren" oder über Pflanzenerkennung, die aber für die Arbeitsbreiten und Fahrgeschwindigkeiten von Feldspritzgeräten nicht leistungsfähig genug sind.

### **Prozessbasierte Lösungen**

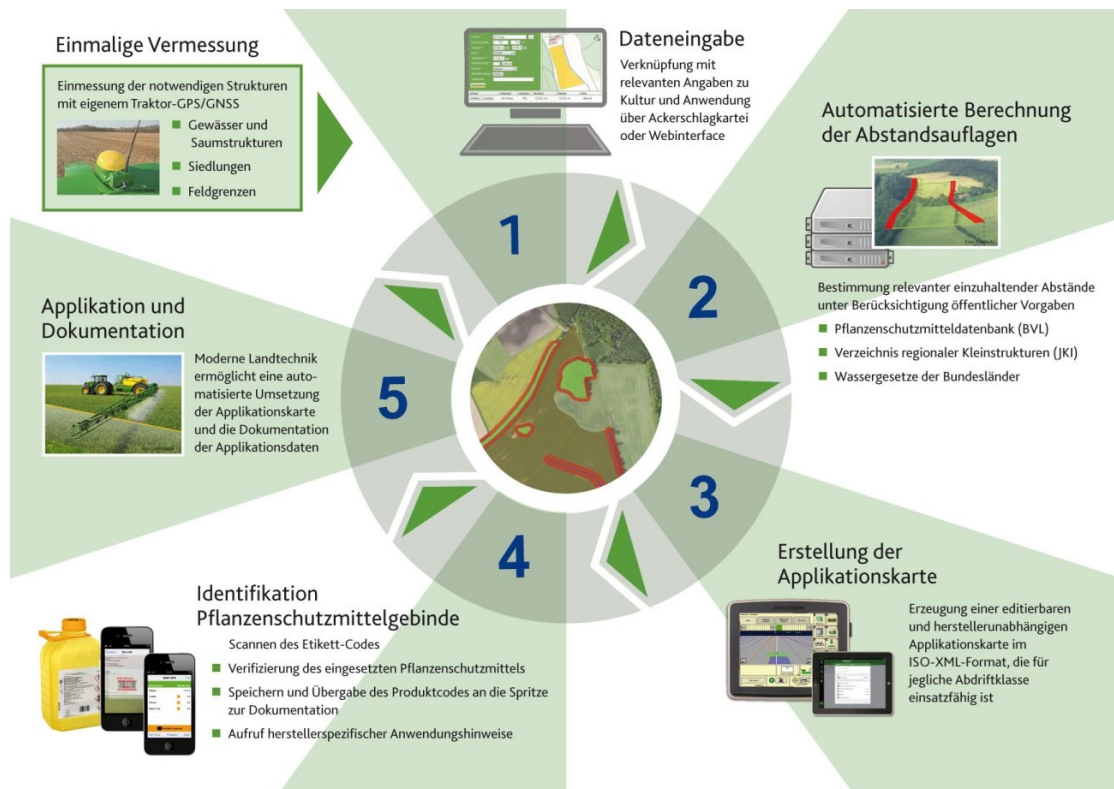
Aufgrund der Digitalisierung der Landwirtschaft stehen enorme Datenmengen zur Verfügung. Diese können genutzt werden, um die Effizienz des Gesamtverfahrens Pflanzenschutz zu erhöhen. In diesem Fall wird nicht nur die Applikation als solche, sondern auch deren Planung, Vorbereitung und Dokumentation berücksichtigt. Ein erster prozessbasierter Ansatz wurde auf der Agritechnica 2015 vorgestellt und prämiert: Der Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM).

Das PAM System erlaubt die automatische Einhaltung von Abstandsauflagen [11]. Zur Umsetzung wurden nationale Pflanzenschutzauflagen in einem webbasierten Applikationskartenservice integriert. Dieser Kartenservice kann allerdings vom Anwender nicht direkt genutzt werden, da er für die Berechnung u.a. auch Felddaten vom Landwirt benötigt. Aus diesem Grund funktioniert das System in der Praxis nur in Zusammenhang mit einer Ackerschlagkartei (FMS/FMIS). Die Funktionsweise ist wie folgt:

Die notwendigen Felddaten (Grenzen, Grenzstrukturen etc.) müssen einmalig erhoben und in die Ackerschlagkartei übertragen werden. Wenn der Anwender eine spezifische Pflanzenschutzmaßnahme plant, werden die relevanten Daten (Feldkoordinaten, Fruchtart, gewähltes Pflanzenschutzmittel etc.) aus der Ackerschlagkartei an den PAM-Service übermittelt. Dieser kalkuliert eine spezifische Applikationskarte, in der alle Abstandsauflagen berücksichtigt sind und sendet diese im ISO-XML Format zurück. Die Karte wird auf das Pflanzenschutzgerät übertragen und dient als Basis für die Applikation. Auf dem Acker kann der Anwender die Applikation starten und die Karte abarbeiten. Er kann auch vor Ort Änderungen vornehmen und das System dokumentiert diese wie den gesamten Prozess. Die vom PAM-Service errechnete Karte und die tatsächliche Applikation werden dann zurück in die Ackerschlagkartei übertragen (vgl. Abbildung 1).

Diese Art von Prozessmanagement kann dem Anwender helfen, die Planung, Durchführung und Dokumentation zu verbessern, indem Wissen, Beratung, Praxis und Maschine

miteinander verknüpft werden. In Zukunft wird daran gedacht weitere Informationen über z.B. Wachstumsstadien, spezifische lokale Wetterbedingungen, Online-Applikationsdaten etc. einzubinden, um Kosten und Risiken weiter zu Minimieren.



**Bild 1:** Entscheidungshilfesystem des Pflanzenschutz-Anwendungs-Managers [12]

**Figure 1:** Decision support system of the pesticide application manager [12]

## Schlussfolgerung

Die Entwicklung in der Pflanzenschutztechnik hat, in Hinblick auf Effizienzsteigerungen, Pflanzenschutzmitteleinsparungen sowie Risikominimierung für Anwender und Naturhaushalt, ein hohen Standard erreicht. Moderne Feldspritzgeräte können in nie gekannter Präzision Pflanzenschutzmittel gleichmäßig über die Fläche verteilen. Da mittlerweile die meisten Funktionen des Spritzgerätes automatisiert sind, kann sich der Anwender auf die Kontrolle des Prozesses konzentrieren. Die Herausforderung für die Zukunft liegt allerdings darin, der gleichmäßigen Behandlung der Fläche den Rücken zu kehren, um zu einer teilflächenspezifischen Behandlung zu kommen. Erste technische Ansätze zur Umsetzung sind in der Entwicklung oder sogar schon auf dem Markt. Die Möglichkeiten zur weiteren Effizienzsteigerung erscheinen durch die Werkzeuge der Digitalisierung und der Präzisionslandwirtschaft enorm, insbesondere dann, wenn zunehmend, statt einzelner Funktionen, der gesamte Prozess des Pflanzenschutzes in den Fokus rückt.

## **Literatur**

- [1] Herbst, A. (2017): Elektronische Systeme bei Pflanzenschutzgeräten. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2016, S. 1-8.
- [2] Wegener, J.K. (2016): Neues aus der Pflanzenschutztechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015, S. 1-8.
- [3] Horsch (2015): Boomsight - anticipating laser identification system to protect and control the spraying boom. Stand 28.08.17. URL – <http://www.horsch.com/en/news/406/>
- [4] Dammann (2015): Curve Control Application (CCA). Stand 28.08.17. URL – <http://www.dammann-technik.de/curvescontrolapplication-cca/>
- [5] Agritechnica (2017): SwingStop pro, Amazone-Werke H. Dreyer GmbH & Co KG. Stand 18.09.17. URL – <https://www.agritechnica.com/de/innovation-award/gold-und-silber/>
- [6] Agrotop (n.d.): Easy Flow closed transfer system. Stand 28.08.17. URL – <https://www.agrotop.com/en/easyflow/easyflow/>
- [7] Amazone (2016): AmaSpot sensor nozzle system. Stand 28.08.17. URL – <http://www.go4innovation2016.de/innovations/crop-protection-sprayers/amaspot-sensor-nozzle-system/>
- [8] Krebs, M., Rautmann, D., Nordmeyer, H., Wegener, J.-K. (2015): Development of a direct injection system without time lag for application of plant protection products. Landtechnik 70(6), S. 238-252.
- [9] Wegener, J.K., Krebs, M., Rautmann, D., Nordmeyer, H. (2016): Teilflächenspezifische Applikation von Pflanzenschutzmitteln – Stand der Technik und aktuelle Herausforderungen. In: DLG (Hrsg.): Tagungsband der Tagung "Land.Technik für Profis 2016": Pflanzenschutz, S. 33-46.
- [10] Pohl, J.P., Rautmann, D., Nordmeyer, H., von Hörsten, D. (2017): Site-specific application of plant protection products in Precision Farming by direct injection. Advances in Animal Biosciences 8(2), S. 255-258.
- [11] Scheiber, M., Kleinhenz, B., Röhrig, M. (2013): Pesticide Application Manager (PAM). EFITA-WCCA-CIGR Conference "Sustainable Agriculture through ICT Innovation", Turin, Italien, 24.-27. Juni 2013, 5 Seiten. Stand 28.08.17. URL – <http://www.cigr.org/GGTSPU-555dc3ff26f53e90-25678-1267245-7pMeBssrpUoUzUE7-LOD/Proceedings/uploads/2013/0037.pdf>
- [12] ZEPP (2015): PAM - Pesticide Application Manager. Stand 28. August 2017. URL – [http://www.zepp.info/GGTSPU-555dc3ff26f53e90-10070-1016570-6KsJuq9R5lQN33SG-LOD/images/ZEPP/Projekte/PAM/Flyer\\_PAM\\_en\\_Druck.pdf](http://www.zepp.info/GGTSPU-555dc3ff26f53e90-10070-1016570-6KsJuq9R5lQN33SG-LOD/images/ZEPP/Projekte/PAM/Flyer_PAM_en_Druck.pdf)

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 08.01.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Wegener, Jens Karl: Neue technische Lösungen für die präzise und sichere Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-7

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151520>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/pflanzenschutztechnik.html>



## **Halmgutmähen und Halmgutwerben**

Johannes Bührke, Lennart Trösken

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### **Kurzfassung**

Erstmalig seit vier Jahren ist kein zunehmender Einbruch des Milchpreises zu verkünden. Im Verlauf des Wirtschaftsjahres 2016/2017 stieg der Milchpreis um ca. 75%. Dieser positive Trend machte sich auch unmittelbar in den Verkaufszahlen der Grünfüttertechnik Hersteller bemerkbar. Passend zu der Investitionsbereitschaft der Landwirtinnen und Landwirte konnten die internationalen Hersteller ihre Neuheiten auf der Agritechnica präsentieren. Die Entwicklungen lagen in der Vergrößerung der Schlagkraft und in der Verbesserung der Futterqualität durch mechanische und digitale Lösungen. Im Verlauf des Jahres entschloss sich die Lely Gruppe, sich auf die Stallautomatisierung zu konzentrieren und ihr Futtererntetechnikgeschäft an den AGCO Konzern zu verkaufen. Forschungsthemen wurden auf der LAND.TECHNIK Tagung zum Thema Messerschärfemessung und bei der Safety & Health Community der ASABE zum Thema Wickelverhalten von Kreuzgelenken vorgestellt.

### **Schlüsselwörter**

Mähwerke, Wender, Schwader

## **Mowing and Treatment of Hay**

Johannes Bührke, Lennart Trösken

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

### **Abstract**

For the first time in four years, the price of milk is not decreasing. In the 2016/2017 financial year, the milk price has risen by about 75%. This positive trend was also directly reflected in the sales figures of the forage and hay tools manufacturers. Along with this the international manufacturers were able to present their new products at the Agritechnica. The developments were to increase the power and improve the quality of forage with mechanical and digital solutions. During the year, the Lely Group decided to focus on barn automation and sold their forage harvesting business to the AGCO Group. Research topics were presented at the international AgEng on the topic of knife sharpness measurement and at ASABE's Safety & Health Community on the topic of material entanglement by PTO knuckle.

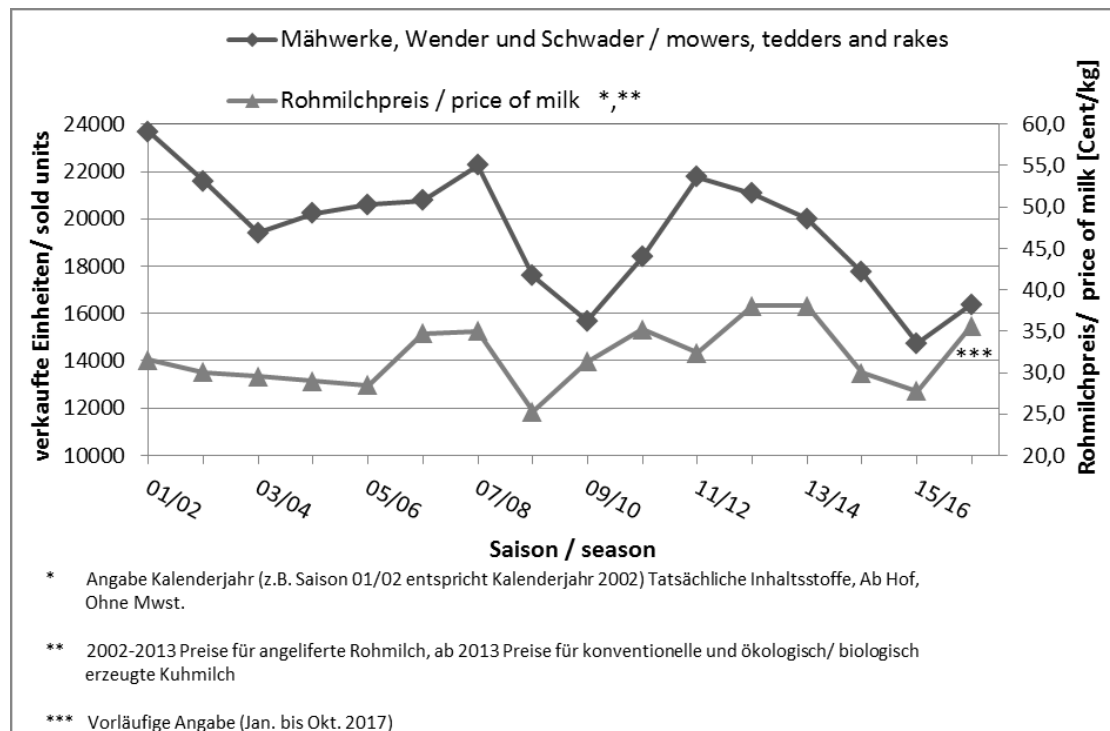
### **Keywords**

Mowers, Tedders, Swathers

## Markt- und landwirtschaftliche Situation

Die Verkaufszahlen landtechnischer Maschinen zur Grünlandtechnik zeigen in dem Geschäftsjahr 2016/2017 einen Wendepunkt im Verlauf der vergangenen Jahre. Die verkauften Stückzahlen an Mähwerken, Wendern und Schwadern waren seit 2011 stetig bis auf ein Verkaufsminimum von 14.735 Einheiten zurückgegangen. Dieser Rückgang vom 7.020 Einheiten entsprach rund 32 %. Im Kalenderjahr 2017 sind nun erstmalig seit vier Jahren steigende Verkaufszahlen in der Halmgutwerbung und Halmgutbergung zu erkennen. So sind in der vergangenen Saison 16/17 16.380 verkaufte Einheiten vom Verband deutscher Maschinen und Anlagenbauer (VDMA) gemeldet worden. [1; 2]

Der Aufwärtstrend ist signifikant auf die Entwicklung des Milchpreises zurückzuführen. Das **Bild 1** zeigt die starke Korrelation zwischen den kurzfristigen Milchpreisveränderungen und den verkauften Einheiten der Grünlandtechnik im Jahresmittel.



**Bild 1:** Verkaufszahlen in Deutschland von Mähwerken, Wendern und Schwadern nach VDMA sowie Rohmilchpreis [2; 3; 4]

**Figure 1:** Sales of mowers, tedders and swathers in Germany according to VDMA and price of milk [2; 3; 4]

Der Anstieg des Rohmilchpreises von ca. 23 Cent/kg Mitte 2016 auf 35 Cent/kg Ende des Jahres 2017 ermutigte die Milchbäuerinnen und Milchbauern und steigerte deren Investitionsbereitschaft zur Grünfüttertechnik [2; 4]. Die Stabilisierung des Milchpreises hat somit eine direkte positive Wirkung auf das Grünlandgeschäft der Landtechnikhersteller in Form einer 11 prozentigen Steigerung der Verkaufszahlen im Produktbereich von Mähwerken, Zettwendern und Schwadern.[1; 4]

Im Zuge dieser Entwicklungen kündigte AGCO im März 2017 die Übernahme des Futtererntetechnikgeschäfts der Lely Gruppe an. Damit erwirbt AGCO zwei Niederlassungen in Deutschland und eine in den Niederlanden. Die Produkte aus dem niederländischen Maassluis im Bereich der Mähwerke, Zettwender und Schwader überschneiden sich mit der Produktpalette der AGCO Corporation, weshalb hier gewisse Umstrukturierungsmaßnahmen erwartet werden. Die Ballenpressen aus dem Produktionsstandort Wolfenbüttel und die Ladewagen aus Waldstetten ergänzen das Produktportfolio des Konzerns hingegen. Daher werden die unter den Namen Fella und Lely bekannten Produktpaletten aus Mähwerken, Schwadern, Wendern, Rundballenpressen und Ladewagen nun auch unter den anderen Konzernnamen von Fendt bzw. Massey Ferguson angeboten. [5; 6]

### **Einsatzbereite Neuvorstellungen**

Im Jahr 2017 nutzten wieder viele Landmaschinenhersteller die internationalen Bühnen der SIMA und Agritechnica, um Innovationen an ihren Produkten vorzustellen. Auch im Bereich des Halmgutmähens und des Halmgutwerbens wurden Neuerscheinungen präsentiert. Diese zielten vorwiegend auf eine Erhöhung der Schlagkraft und eine Verbesserung der Arbeitsqualität ab.

#### *Halmgutmähen*

Die Neuvorstellungen zeigten sich auf der einen Seite in größeren Arbeitsbreiten und Innovationen an Mähwerkskombinationen und auf der anderen Seite an Verbesserungen bezüglich der optimalen Führung von Mähbalken entlang der Bodenkontur.

Beide Trends lassen sich gut an der neuen Butterfly-Mähwerkskombination der Firma Vicon erkennen. Das Vicon EXTRA 7100 T/R Vario besitzt eine Arbeitsbreite von bis zu 10,20 m und soll dank eines innovativen Anhängekonzeptes auch unter schwierigen Bedingungen eine verbesserte Bodenanpassung der Mähbalken gewährleisten. Die sogenannte Quattro-Link-Aufhängung verbindet die Mähwerke mit den Auslegerarmen und führt sie mittig über dem Schwerpunkt. Die Aufhängung besteht aus vier Längslenkern und ermöglicht den gezogenen Mähwerken eine Vertikalanpassung von insgesamt 700 mm und einen Pendelwinkel von 30°. Auf diese Weise soll der Auflagedruck unter allen Bedingungen über der Arbeitsbreite gleichmäßig verlaufen. Die QuattroLink-Aufhängung ist ebenfalls im neuen Heckmähwerk Vicon EXTRA 736T verbaut. [7]

Eine weitere Innovation, die Vicon für die Butterflykombination vorstellt, ist das GEOMOW. Das System bietet ein automatisches Vorgewende-Management sowie eine Überlappungskontrolle zwischen dem Frontmähwerk und der Heckkombination. Mit dem Erreichen des Vorgewendes hebt jedes der Mähwerke – sowohl Heck, als auch Front – unabhängig voneinander und selbstständig per GPS-Steuerung aus. Nach dem Wendevorgang werden die Mähwerke wieder automatisch abgesenkt, sobald sie sich der unbearbeiteten Fläche nähern. Die/der Maschinenbedienerin/er wird durch dieses System entlastet. Die Überlappungskontrolle des GEOMOW unterstützt die/den FahrerIn/er hingegen während des Arbeitsprozesses. Der Überschneid zwischen dem Frontmähwerk und der Heckkombination wird dabei automatisch angepasst. Bei Kurvenfahrten wird die Überlappung erhöht, um unbearbeitete Be-

reiche zu vermeiden; bei langen, geraden Stücken wird dagegen automatisch die maximale Arbeitsbreite eingestellt. Das System ermöglicht eine effektivere Nutzung der Mähwerkskombination. [8; 9]

Einen neuen Maßstab für die Schlagkraft von Mähkombinationen setzt die Firma SIP. Der Großflächenmäher Silvercut Disc 1500 T mit einer maximalen Arbeitsbreite von 14,55 m soll eine Flächenleistung von bis zu 22,5 ha/h erreichen. Der slowenische Hersteller tritt damit in Konkurrenz zu den Selbstfahrem der Produktreihe Big M von Krone. Neben dem Frontmäherwerk am Zugfahrzeug, besitzt die Heckkombination vier weitere Silvercut-Mäherwerke mit Schnittbreiten von 3,25 m. Diese sind an einem aufgesattelten Trägergestell angebracht und besitzen jeweils eine Non-Stopp-Anfahrsicherung, die ein Schwenken beim Antreffen eines Hindernisses ermöglichen. Mit Hilfe einer hydraulisch gestützten Stabilisierung können die Mähbalken zudem sequenziell ausgehoben werden. Zur Einstellung der Fahrgestellposition bietet der Hersteller eine hydraulisch höhenstellbare Deichsel an, so soll der Rahmen unabhängig von der Anhängenposition waagrecht ausgerichtet werden. Den minimalen Leistungsbedarf für den Großflächenmäher, inklusive Aufbereiter, beziffert der Hersteller auf etwa 260 kW. [10]

Im Bereich der Front- und Seitenmäherwerke lagen die Neuerungen vor allem in der Verbesserung der Bodenanpassung und in Detaillösungen zur Erhöhung des Bedienerkomforts. Hier bietet die Firma Fella ein neues Seitenmäherwerk mit der Bezeichnung RAMOS TLX an. Die Baureihe umfasst zwei Varianten mit Arbeitsbreiten von 3,10 m und 3,60 m. Das Mäherwerk ist ausgestattet mit der bereits bekannten Non-Stop-Anfahrsicherung und dem Turbo-Lift-System zur Anpassung des Auflagedruckes. Besonders markant ist die neue gebogene Form des Auslegerarms, an dem das Mäherwerk mittig aufgehängt ist. Durch die spezielle Konstruktion sind große Pendelwinkel von +28° bis -20° möglich, die die Anpassungsfähigkeit des Mähbalkens an die Kontur des Bodens erhöhen. Die neue Baureihe enthält zusätzlich die Option, den Seitenschutz hydraulisch zu klappen. Ebenfalls neu in diesem Produktsegment sind die Frontmäherwerke Ramos 3060 FP bzw. 3060 FP-RC. Neben dem veränderten Design und einer integrierten Ersatzklingenbox, ist das Mäherwerk mit einem neuen Anbaubock ausgestattet. Dieser ist pendelnd gelagert, wodurch dem Mähbalken Pendelwinkel von insgesamt 13 ° zur Bodenanpassung bereitstehen. [9; 11]

Eine weitere Neuerscheinung ist das Heckscheibenmäherwerk EasyCut R 400 von Krone. Damit erweitert der Hersteller die bekannte Baureihe um die Arbeitsbreite von 4,04 m. Aufgrund der gesetzlich einzuhaltenden Transporthöhe von max. 4 m wird dieses Mäherwerk im Gegensatz zu den kleineren Varianten für die Straßenfahrt hydraulisch nach hinten geschwenkt. Ein Update erhielten die Trommelmäherwerke des Herstellers Claas. Neben einer geänderten Nomenklatur und einem angepassten Design, umfassen die Neuerungen unter anderem die serienmäßige Mittelaufhängung des CORTO 3200 CONTOUR und das optional erhältliche ACTIVE FLOAT System zur Regulierung des Auflagedruckes, das bereits in den Scheibenmäherwerken des Herstellers verbaut ist. Für das Scheibenmäherwerk DISCO 9200 C AUTOSWATHER bietet Claas seit diesem Jahr zudem eine Hangregelung an. Das Assistenzsystem passt mit Hilfe eines Neigungssensors den Auflagedruck der Mähbalken und die Bandgeschwindigkeit der Schwadzusammenlegung in Abhängigkeit des Neigungswinkels

an. Neben einer Entlastung beim Fahren, soll mit diesem System der Hangabdrift entgegengewirkt werden. [12–14]

Mit dem Big M 450 stellt Krone den Nachfolger des Big M 420 vor. Der neue Selbstfahrer ist mit einem 6 Zylinder Reihenmotor von Liebherr ausgerüstet und erreicht die Abgasnorm der Stufe 4. Für das Aggregat mit 12 l Hubraum wird eine Motordauerleistung von 330 kW angegeben. Eine effiziente Kraftstoffnutzung verspricht der Hersteller durch die Krone Split Power Motorsteuerung. Analog zu den Feldhäckslern arbeitet der Motor je nach Leistungsbedarf entweder im Eco-Modus mit maximal 260 kW oder im M-Modus mit der angegebenen Leistung von 330 kW. Zusätzlich verfügt der Selbstfahrer über eine neu entwickelte Grenzlastsicherung, die eine effiziente Auslastung der Maschine ermöglicht, indem der Motor im Arbeitsprozess über die Fahrgeschwindigkeit in einem optimalen Bereich betrieben wird. Neben dem Motor wurden weitere Veränderungen am Big M vorgenommen. Die Arbeitsbreite der drei Mähwerke ist gegenüber dem M420 mit insgesamt 9,95 m um 25 cm vergrößert und die Seitenmähwerke besitzen eine Schwerpunktaufhängung zur gleichmäßigen Verteilung des Auflagedruckes. Der Antrieb der Seitenmähwerke erfolgt nicht mehr in der Mitte, sondern seitlich, wodurch einteilige Aufbereiter verbaut werden konnten, die nach Angaben des Herstellers höhere Durchsätze ermöglichen. Das Frontmähwerk lässt sich optional über die Hydraulik seitlich verschieben. Zusammen mit einem Lenkwinkelsensor ist es auf diese Weise möglich, eine automatische Anpassung des Überschnittes vorzunehmen, um eine Streifenbildung bei Kurvenfahrten oder in Hanglagen zu verhindern. Ebenfalls neu ist das hydro-pneumatische Fahrwerk, das sich sowohl an der Hinterachse als auch an der Vorderachse in der Höhe variieren lässt. Dies wurde notwendig, um auch mit den größeren Seitenmähwerken die vorgeschriebene Transporthöhe von 4 m während der Straßenfahrt einzuhalten und auf dem Feld zusätzliche Bodenfreiheit zu erreichen. [13; 15]

Eine richtungsweisende Entwicklung gelang der Firma Pöttinger in Bezug auf den Tierschutz. Das Unternehmen stellte in diesem Jahr mit dem SENSOSAFE eine automatische Tiererkennung vor, die Rehkitze und andere Wildtiere vor Mähunfällen bewahren soll. Der SENSOSAFE arbeitet dabei, anders als bisherige Systeme, mit einem Sensorbalken, der mit mehreren optischen Infrarotsensoren ausgestattet ist und sich direkt am Mähwerk befindet. Die Sensoren sollen die im Gras vor dem Mähwerk liegenden Tiere erkennen und daraufhin ein schlagartiges Ausheben des Anbaugerätes bewirken. Auf diese Weise können Verletzungen durch Messerklingen an Wildtieren verhindert werden. Das System stellt insofern einen deutlichen Nutzen dar, da allein in Deutschland während der Mähseason rund 100.000 Rehkitze sterben. Neben dem Tod der Tiere können psychische Belastungen der Fahrer und auch wirtschaftliche Schäden die Folge sein, da Kadaverteile im Viehfutter zu Vergiftungen der Nutztiere führen können. Es wird insbesondere von der Funktionssicherheit aber auch von den Kosten abhängen, wie weit diese Technik sich durchsetzt. [9; 16]

#### *Halmgutwerben*

Die Hersteller erweiterten im Bereich der angebauten Wender vor allem ihre Produktreihen um größere Arbeitsbreiten. Gleichzeitig setzen sich kleinere Kreiseldurchmesser durch. Die

Firma Vicon stellte den Kreiselzettwender Fanex 1124 vor. Das neue Modell besitzt 10 Kreisel und kommt damit auf eine Arbeitsbreite von 10,20 m. Die Maschine ist bis auf die Schmierstellen der Zapfwelle wartungsfrei und auch übliche Geräteeinstellungen können werkzeuglos durchgeführt werden. Die Hersteller Kuhn und Krone führten ebenfalls größere Arbeitsbreiten ein. Die neuen Anbauwender der Produktreihen GF 1012 (Kuhn) und KW (Krone) erreichen mit 8 und 10 Kreiseln auch Arbeitsbreiten von 8,70 m bis fast 11 m. [9; 13]

Kuhn präsentierte zudem mit den Modellen GF 8712 T und 10812 T zwei aufgesattelte Großflächensetzer und auch Pöttinger zeigte mit dem HIT 8.9 T eine gezogene Variante, mit der sie der HIT-Baureihe damit einen Acht-Kreiselwender von 8,60 m Arbeitsbreite hinzufügen. [9]

Neben den bereits beschriebenen Innovationen im Bereich Mähtechnik, stellt Vicon auch für den Großflächenschwader Andex 1505 eine Erneuerung vor. Mit der optional erhältlichen GEORAKE-Steuerung verfügt der Schwader über ein Assistenzsystem für das automatische Vorgewende-Management. Die Arbeitsweise des GEORAKE ähnelt der GPS-gesteuerten Teilbreitenschaltung aus der Pflanzenschutztechnik. Auf bereits bearbeiteten Flächen hebt jeder Kreisel einzeln und automatisch aus, sodass ein doppeltes Schwaden verhindert wird. Gelangt der Schwader z.B. nach der Wendung wieder auf unbearbeitete Fläche, setzt jeder der Kreisel erneut selbstständig ein. Das System unterstützt bei der Bedienung, auch auf Feldern mit komplizierten Konturen, akkurate Schwade zu hinterlassen und ermöglicht so einen vereinfachten Ablauf der Folgearbeiten. [9; 17]

Ein weiteres Assistenzsystem im Bereich der Schwader präsentiert die Firma Krone mit der dynamischen Kreiselentlastung. Das System wird als Ausstattungsoption für den Swadro 1400 Plus angeboten und unterstützt die/den FahrerIn/er, auch bei häufigen Anpassungen der Arbeitsbreite, eine gleichbleibende Stützkraft der Kreisel auf den Boden zu erreichen. Dazu wird über einen Hydraulikzylinder die Federentlastung der vorderen Kreisel automatisch angepasst, sobald über die Hydraulik eine Veränderung der Arbeitsbreite stattfindet. [18]

Auch andere Hersteller passten ihre Schwader den Marktanforderungen an. So präsentiert Claas einen neuen Einkreisel-Schwader. Wie in den Mehrkreiselschwadern des Herstellers, sind eine wartungsfreie Schwadglocke und im Ölbad laufende Steuerrollen verbaut. Die Arbeitsbreite beträgt 3,20 m. Als neues Modell wurde der Zweikreisel-Seitenschwader LINER 1800 TWIN mit einer Arbeitsbreite von 7,45 m bis 8,40 m eingeführt. Auch der Hersteller Krone erweitert das Sortiment. Ähnlich den bekannten Systemen CROSS FLOW von Pöttinger und der Schnittgutzusammenführung des eigenen Selbstfahrers Big M, wurde eine Butterfly-Mähkombination mit Querförderschnecke zur Bildung der Schwade vorgestellt. [19–23]

Pickup-Bandschwader bzw. Merger eignen sich vor allem für empfindliche Kulturen wie Luzerne oder Klee, da die Schwaden prinzipbedingt vergleichsweise sauber und steinfrei sind. Der dafür benötigte technische Aufwand resultiert in vergleichsweise größeren Anschaffungskosten, wodurch das Schwaderprinzip in Deutschland bislang als Nischenlösung angesehen wird. Dennoch wurden von drei Herstellern Neuerungen im Produktbereich der Bandschwader vorgestellt. [19]

Der Hersteller ROC bietet zurzeit die größte Produktpalette mit Arbeitsbreiten von 2,95 m bis zu 10,80 m mit bis zu drei Segmenten an. In diesem Jahr stellte der Hersteller nun eine neue Arbeitsbreite in Form des RT630 Bandschwaders in zwei Segmenten vor. Erstmals bei ROC können die beiden hinter dem Traktor laufenden Förderbänder hydraulisch zusammen oder auseinandergestellt werden und die Arbeitsbreite damit zwischen 4,90 m und 6,30 m verstellen. Die hydraulisch angetriebenen Bänder können in beide Richtungen fördern und damit die Schwade in Seitenablage, Mittenablage und in kombinierter Seiten- und Mittenablage legen. [24]

Die Firma Reiter präsentierte das im Vorjahr erstmals vorgestellte Prinzip ihrer flexiblen Bandschwadertechnologie nun in einer gezogenen Variante mit zwei Elementen. Der Respiro R9 profi besteht aus einem Trägerrahmen mit Fahrwerk, gefederter Aufhängung und zwei elastischen Pick-up mit gegenhaltender Schwadrolle (siehe **Bild 2**). Die beiden Elemente sind bidirektional angetrieben und hydraulisch in der Querrichtung verschiebbar. Damit lassen sich eine Seitenablage in 7,00 m, Mittenablage in 9,00 m und eine kombinierte Seiten- und Mittenablage umsetzen. Ein Teil der geräteseitigen Hydraulikanlage mit Tank und Hydraulikpumpe zur Versorgung der Hydraulikmotoren ist dabei in den Geräterahmen integriert und wird über die Traktorzapfwelle angetrieben. Die Fertigung und Montage der Maschinen erfolgt über die Fa. Einböck in Dorf an der Pram, Österreich. Die Firma SIP aus Slowenien hat eine Lizenz für elastische Pickup und Rotoren der Firma Reiter erworben. [9; 25]



**Bild 2:** Flexibler Bandschwager Respiro R9 der Firma Reiter [26]

**Figure 2:** Flexible Pickup Swather Respiro R9 from Reiter [26] [27]

Auch bei der Grünlandtechnik von Kuhn gab es eine Neuerung bei den Bandschwadern. Der Kuhn Merge Maxx 950 löst den seit 2014 am Markt befindlichen Merge Maxx 902 ab. Die mit zwei hydraulisch verschiebbaren Segmenten ausgestattete Maschine verfügt nun über eine Arbeitsbreite von 7,50 m bis 9,50 m. Auch die neue Maschinengeneration besitzt hydraulisch angetriebene Bänder, die in beiden Richtungen fördern und damit eine Seiten-, Mitten- sowie eine kombinierte Seiten- und Mittenablage des Schwades ermöglichen. Die Maschine soll sich preislich auf dem Niveau von Vierkreiselschwadern befinden. [13; 28; 29; 30]

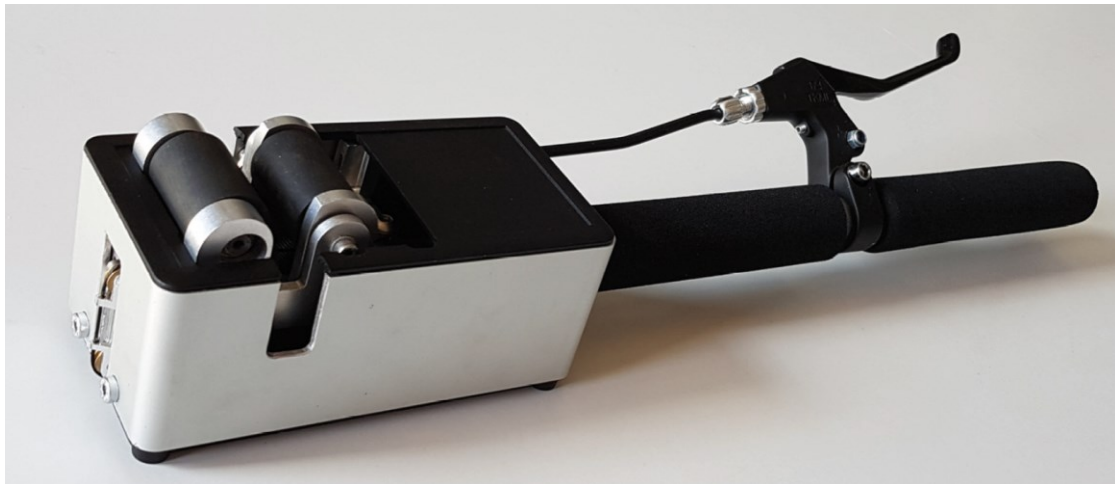
### **Wissenschaft und Forschung**

Aus der Wissenschaft sind für den Berichtszeitraum zwei relevante Beiträge im Themengebiet der Halmgutwerbung zu nennen. Zum einen gab es neue Entwicklungen für ein Messverfahren zur Beurteilung von Messerschärfen, zum anderen ist ein Beitrag im Rahmen der Safety & Health Community der ASABE zum Thema Wickelverhalten von Kreuzgelenken zu nennen.

Das Zentrum für angewandte Forschung und Entwicklung an der HTW Dresden befasste sich unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Karl Wild mit der Beurteilung der Schärfe von Messern in Landmaschinen wie z.B. Mähwerken, Ballenpressen oder Ladewagen. Im Rahmen des Forschungsprojekts ZeloSens wurde ein Messgerät entwickelt, mit dem eine repräsentative Aussage zum Schärfezustand von Messerklingen getroffen werden kann. Damit wird die Beurteilung der Notwendigkeit eines Klingenwechsels oder des Schärfens der Messer erleichtert. Die Methode des Verfahrens basiert auf der Ermittlung der Normalkraft, die notwendig ist, um mit einer Klinge durch ein Medium zu schneiden. Während des Projektes konnte gezeigt werden, dass die Kraft für das Schneiden von PVC in linearem Zusammenhang zum Radius der Schneidkante steht und somit ein Indiz für den Zustand des Messers liefert. Je größer der Radius an der Schneidkante, desto höher ist die benötigte Kraft.

Für das entwickelte Messgerät wird als Schnittmedium der PVC-Isolator eines elektrischen Leiters verwendet, an dem eine Spannung anliegt. Über einen Kraftmesssensor, der sich hinter dem Leiter befindet, wird die wirkende Kraft während des Schnittprozesses aufgenommen. Sobald das Messer den Isolator durchtrennt hat, registriert die Messelektronik ein geändertes Potential über dem Leiter und beendet den Messvorgang. Um die Änderungen der Materialeigenschaften durch Temperatureinflüsse berücksichtigen zu können, wird während der Messung die Temperatur aufgezeichnet. Anschließend werden die Werte der Kraft als auch der Temperatur über eine Bluetooth-Verbindung an die App eines angeschlossenen Smartphones gesendet. Die Software gibt dem Anwender auf Basis von Kalibrierungsmodellen für verschiedene Messerarten Auskunft über den Schärfezustand der getesteten Klinge. [27]





**Bild 3:** Handgerät zur Messung der Klingenschärfe [27]

**Figure 3:** Hand-held measuring device for identifying the sharpness of knives [27]

Das Thema Verletzungen durch drehende Kreuzgelenkwellen ist für viele Maschinen nicht nur der Grünfütterernte von Interesse. Wender, Schwader und Mähwerke werden typischerweise von der Zapfwelle des Traktors angetrieben oder besitzen weitere Kreuzgelenkwellen im Verlauf ihres Antriebsstranges. An der Iowa State University nahmen Schwab und Rampe in diesem Jahr neue Untersuchungen zum Thema Wickelverhalten von Kreuzgelenkwellen vor. Es wurden mittels Hochgeschwindigkeitsaufnahmen die Abprall- und Wickelwinkel von unterschiedlichen Schnüren und Textilstreifen experimentell untersucht und statistisch ausgewertet. Der experimentelle Aufbau diente dabei weniger der sicherheitstechnischen Bewertung von Gelenkwellen, sondern lieferte einen weiteren Bestandteil zur Erforschung von Wickelvorgängen, wie sie beispielsweise seit den 1950er Jahren von Wieneke betrieben wurde. Schwab und Rampe konnten die unterschiedliche Wicklungsneigung der frei fallenden Material-Proben beim Auftreffen messen und aufzeigen. Auch der Einfluss des Aufprallpunktes an unterschiedlichen Stellen des Kreuzgelenkes wurde in dieser Studie untersucht. [31; 32]

### **Zusammenfassung**

Die positive Entwicklung des Michpreises wirkt sich unmittelbar auf die Investitionsbereitschaft und das Kaufverhalten der Landwirtinnen und Landwirte aus. Im Laufe des Jahres beendete Firma Lely seinen Geschäftszweig in der Grünfütterertechnik durch den Verkauf an den AGCO Konzern.

Darüber hinaus wurde auf der Agritechnica eine Reihe von marktreifen Neuvorstellungen in der Grünfütterertechnik ausgestellt. Ein Großteil der Entwicklung basiert auf mechanischen und hydraulischen Lösungen durch Vergrößerung von Arbeitsbreite oder Verbesserung der Bodenanpassung. Darüber hinaus wurden auch digitale Systeme zur Reduzierung der Überlappung, Steigerung der Effizienz und zur Fahrerentlastung umgesetzt.

Aktuelle Forschungsthemen wurden zur Messung von Messerschärfen mittels Handmessgerät sowie zur Beschreibung des Wickelverhaltens von Kreuzgelenkwellen durchgeführt.

## **Literatur**

- [1] N.N.: Futtererntetechnik im Plus: VDMA Landtechnik, Eilbote 65 (2017) H. 34. S. 5.
- [2] VDMA Landtechnik: Presseinformation. URL – <https://lt.vdma.org/viewer/-/article/render/19654190>.
- [3] Bührke Johannes, H. S.: Halmgutmähen und Halmgutwerben. In: Jahrbuch Agrartechnik (2016). S. 1–8. Braunschweig 2016.
- [4] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung: Informationen für Marktakteure. URL – [https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/\\_functions/TabelleMilchpreiseMonat2017.html?nn=8906974](https://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/_functions/TabelleMilchpreiseMonat2017.html?nn=8906974).
- [5] AGCO Fendt: Erster offizieller Besuch des AGCO und Fendt Managements in Waldstetten und Wolfenbüttel. URL – [https://msc.fendt.com/modules/create\\_pdf/pdf2/7518\\_web\\_de-DE\\_2018-01-04\\_07-32-33.pdf](https://msc.fendt.com/modules/create_pdf/pdf2/7518_web_de-DE_2018-01-04_07-32-33.pdf) - Zugriff am: 10.01.2018.
- [6] AGCO Fendt: AGCO beabsichtigt die Übernahme der Grünfüttererntetechnik von Lely. URL – [https://msc.fendt.com/modules/create\\_pdf/pdf2/6370\\_web\\_de-DE\\_2018-01-04\\_07-47-51.pdf](https://msc.fendt.com/modules/create_pdf/pdf2/6370_web_de-DE_2018-01-04_07-47-51.pdf) - Zugriff am: 10.01.2018.
- [7] Vicon: EXTRA 732T und 732R – mit 3,20 m Arbeitsbreite und QuattroLink Aufhängung. URL – <https://de.vicon.eu/News-und-Medien/Produkt-News/EXTRA-732T-und-732R-mit-3-20-m-Arbeitsbreite-und-QuattroLink-Aufhaengung> - Zugriff am: 10.01.2018.
- [8] Fleurot, M.: Vicon\_Maehwerk\_EXTRA-7100T-GEOMOW. URL – <https://agritechnica.kvernelandgroup.de/Presse/Vicon/Vicon-Pressemitteilungen/Press-Releases> - Zugriff am: 10.01.2018.
- [9] Gerighausen, H.-G. und Höner, G.: Futterernte: Wenig Schmutz, wenig Verlust, wenig Liegezeit, top agrar (2017) H. 11. S. 98–102.
- [10] Paar, J.: Die neue Mäher-Dimension, Landwirt (2017) H. 21. S. 64–65.
- [11] Deter, A.: Neues Frontmäherwerk Fella Ramos 3060 FP. URL – <https://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Neues-Frontmaehwerk-FELLA-RAMOS-3060-FP-8067073.html> - Zugriff am: 10.01.2018.
- [12] Schulz, M.: EasyCut R 400. URL – <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/news/das-neue-easycut-b-950-collect/> - Zugriff am: 10.01.2018.
- [13] Feuerborn, B.; Holzhammer, A. und Göggerle, T.: Technik: Agritechnica-Neuheiten, dlz - agrarmagazin (2017) H. 10. S. 66–97.
- [14] N.N.: Neuheiten 2018 Futterernte und Pressen. URL – <http://www.claas.de/blueprint/servlet/blob/1313316/27c57e6f085ddb7ff1ba0b3033a6a550/296424-dataRaw.pdf> - Zugriff am: 15.01.2018.
- [15] Schulz, S.: Höher, schneller, breiter: Exklusiv: Krone Big M 450, profi (2017) H. 10. S. 56–59.
- [16] Steibl, I.: Innovation Award in Silber. URL – [https://www.poettinger.at/de\\_at/Newsroom/Presse](https://www.poettinger.at/de_at/Newsroom/Presse) - Zugriff am: 15.01.2018.

- [17] Fleurot, M.: Vicon\_Schwader\_Andex-1505\_GEORAKE. URL – <https://agritechnica.kvernelandgroup.de/Presse/Vicon/Vicon-Pressemitteilungen> - Zugriff am: 08.01.2018.
- [18] N.N.: Swadro mit dynamischer Kreiselentlastung / Die Gator-Familie vergrößert sich um zwei Modelle: Krone / John Deere, Eilbote 65 (2017) H. 26. S. 20.
- [19] Mumme, M.: Wiesenkämme: Markübersicht Schwader, Traction (2017) H. 2. S. 90–105.
- [20] N.N.: Claas: Liner 320 und 1700/1800/1900. URL – <https://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Schwaderprogramm-vervollstaendigt-8391179.html> - Zugriff am: 11.01.2018.
- [21] N.N.: CLAAS komplettiert sein Schwaderangebot mit vier neuen LINER Modellen. URL – <http://www.claas.de/faszination-claas/aktuell/meldungen/claas-komplettiert-sein-schwaderangebot-mit-vier-neuen-liner-modellen-1266772> - Zugriff am: 15.01.2018.
- [22] Neumann, H.: Krone EasyCut B950. URL – <https://www.eilbote-online.com/artikel/krone-maehwerk-fuer-den-hang-29622/> - Zugriff am: 11.01.2018.
- [23] Schulz, M.: Das neue EasyCut B 950 Collect. URL – <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/news/das-neue-easycut-b-950-collect/>, Zugriff am - 15.01.2018.
- [24] ROC: Broschüre RT Bandschwader 2016. URL – [http://roc.ag/wp-content/uploads/2014/10/Brochure\\_RT-2016\\_web.pdf](http://roc.ag/wp-content/uploads/2014/10/Brochure_RT-2016_web.pdf) - Zugriff am: 09.01.2018.
- [25] Alfons Deter: Respiro R9 profi – neues Konzept gezogener Bandschwader. URL – <https://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Respiro-R9-profi-neues-Konzept-gezogener-Bandschwader-8758741.html> - Zugriff am: 10.01.2018.
- [26] RT Engineering GmbH: Homepage Pressematerial. [www.rt-e.net](http://www.rt-e.net) - Zugriff am: 15.01.2018.
- [27] VDI-MEG (Hrsg.): Conference: Agricultural Engineering LAND. TECHNIK AgEng 2017: The Forum for Agricultural Engineering Innovations. Düsseldorf.
- [28] Profi.de: Kuhn: Merge Maxx 950. URL – <https://www.profi.de/neuheiten/Heuer-und-Schwader-Gleichmaessige-Schwade-steigern-die-Flaechenleistung-8456535.html> - Zugriff am: 10.01.2018.
- [29] KUHN S.A.: Bandschwader MERGE MAXX 950. URL – <http://www.kuhn.de/internet/webde.nsf/0/F1CCFA6B25DF408DC12573CA004ADCDB?OpenDocument&p=9.8.5.4.1> - Zugriff am: 10.01.2018.
- [30] KUHN S.A.: Pressemitteilung Herbstmessen 2014. URL – [http://www.kuhn.de/internet/webde.nsf/0/C125790C0036B31EC1257D6A002AF099/\\$File/Bandschwader%20MERGE%20MAXX%20902\\_Deutsch.pdf](http://www.kuhn.de/internet/webde.nsf/0/C125790C0036B31EC1257D6A002AF099/$File/Bandschwader%20MERGE%20MAXX%20902_Deutsch.pdf) - Zugriff am: 10.01.2018.
- [31] Schwab, C. V. und Rempe, I. J.: Likelihood of Entanglement when Materials are Dropped Vertically onto a Rotating PTO Knuckle, Journal of agricultural safety and health 23 (2017) H. 4. S. 281–295.

- [32] Wieneke, F.: Untersuchungen zur Erklärung und Beseitigung von Wickelerscheinungen an umlaufenden Maschinenteilen, Landtechnische Forschung 7. (1957) H. 1. S. 1–8.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 06.02.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Bührke, Johannes; Trösken, Lennart: Halmgutmähen und Halmgutwerben. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-12

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151528>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/halmgutwerben.html>

## Halmgutbergung

Florian Schramm, Lukas Poppa

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, TU Braunschweig

### Kurzfassung

In der Saison 2016/2017 konnte sich der Landmaschinenmarkt vom Konjunkturrückgang der letzten drei Jahre erholen. Durch den steigenden Milchpreis profitieren vor allem die Hersteller von Grünfuttertechnik. Der Absatz konnte im Vergleich zum Vorjahr erheblich gesteigert werden. Nach der Stabilisierung der gesamten arbeitsrelevanten elektrischen Leistung der Biogasanlagen gingen die Verkaufszahlen der Feldhäcksler zurück. In der aktuellen Saison konnte wieder ein leichter Zuwachs von 10 % beobachtet werden. Mehrere Hersteller stellten in dieser Saison völlig neue Maschinenkonzepte vor. So zeigte Vermeer eine selbstfahrende Ballenpresse, die es in dieser Form noch nicht gegeben hat. Fliegl entwickelte einen Schneidlader für die Grasernte, der den Einsatz konventioneller Kipper und Häckselwagen erlaubt.

### Schlüsselwörter

Ballenpressen, Ladewagen, Häckseltransportwagen, Feldhäcksler

## Crop Harvesting

Florian Schramm, Lukas Poppa

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, TU Braunschweig

### Abstract

In the 2016/2017 season, the agricultural machinery market was able to recover from the economic recession of the past three years. The manufacturer of green forage machines benefit from the increasing milk price. The sales volume improved considerably compared to the previous year. Biogas plants reaching a constant level in total electrical output in the past years induced the decrease of sales of forage harvesters. This season the sales of the forage harvesters were able to increase slightly. Manufacturers introduced completely new machine concepts this season. Vermeer showed a self-propelled baler that has not existed so far. Fliegl developed a transfer wagon for grass harvesting, which enables the use of conventional wagons and harvest transport wagons.

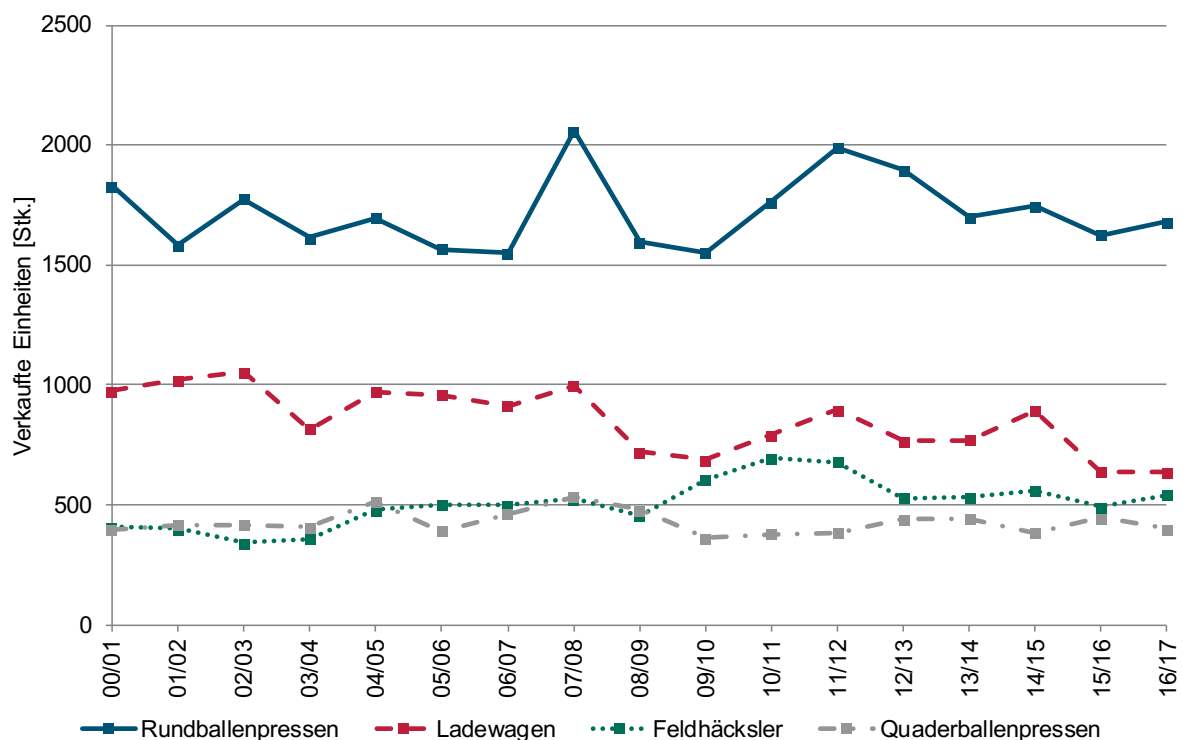
### Keywords

Balers, loader-wagons, harvest transport wagons, forage harvesters

## Marktentwicklung

Die Saison 2016/2017 war zunächst ein schwieriges, aber dann doch zufriedenstellendes Jahr für die deutschen Milchbauern. Der durchschnittliche Milchpreis erreichte im Juni 2016 seinen tiefsten Wert seit 2009 mit 23,07 ct/kg, stieg bis zum Oktober 2017 wieder auf 40,33 ct/kg an [1; 2]. Mit dem steigenden Milchpreis ist auch eine Zunahme bei den Investitionen der Milchbauern zu erkennen. Die Landtechnikhersteller verzeichnen für das Jahr 2017 ein Umsatzplus von etwa 6 % mit einem Volumen von 7,6 Milliarden Euro [3]. Der VDMA sieht dies als Indikator für einen langfristigen Trend, der sich auch 2018 fortsetzen werde [4]. Durch das Ende des Biogasbooms sind die Verkaufszahlen von Feldhäckslern zurückgegangen, in dieser Saison konnten jedoch wieder 10 % mehr Einheiten im Vergleich zum Vorjahr verkauft werden [5 bis 7]. Der Absatz von Lade- und Erntewagen blieb hingegen im Vergleich zum Vorjahr stabil, allerdings nur bei 635 verkauften Einheiten [8]. Bei den Ballenpressen sind unterschiedliche Trends zu beobachten. Rundballenpressen wurden wieder stärker nachgefragt, Quaderballenpressen hingegen wurden weniger verkauft. Die zeitliche Entwicklung über die letzten 15 Jahre zeigt einen leicht steigenden Trend verkaufter Feldhäcksler in Deutschland. Die Verkaufszahlen der Ladewagen gehen hingegen insgesamt zurück.

Der Verlauf der in Deutschland verkauften Maschinen der letzten Jahre für die Halmgutbergung ist in **Bild 1** dargestellt.



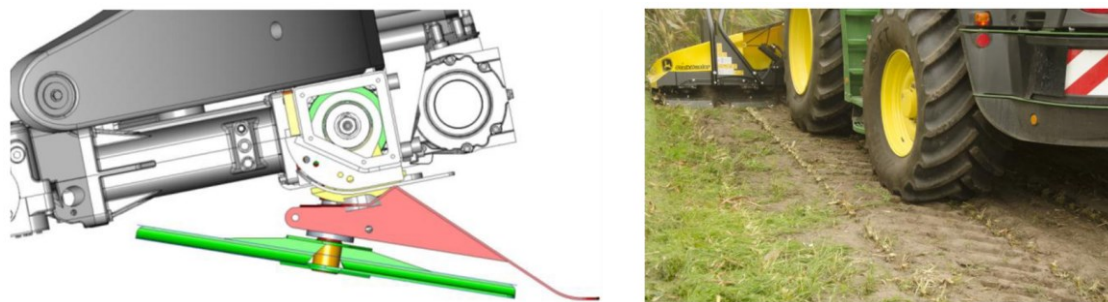
**Bild 1:** Verkaufszahlen für Halmgutbergetechnik in Deutschland [6; 7]

**Figure 1:** Sales figures for crop harvesting machines in Germany [6; 7]

## Feldhäcksler

In den letzten Jahren wurde vor allem Wert auf höhere Maschineneffizienz gelegt. Gleichzeitig müssen die Maschinen flexibler werden, um sowohl in der Biogasbranche als auch für die Fütterung die optimale Häckselqualität liefern zu können.

Im Kampf gegen den Maiszünsler liefert Kemper mit dem sogenannten Stalkbuster (**Bild 2**) ein neues Konzept, welches auf der Agritechnica 2017 mit einer Goldmedaille belohnt wurde. Der Schlegelmulcher sitzt direkt unter dem Vorsatzgerät des Häckslers und zerstört zuverlässig jede Maisstoppelreihe, sodass der Maiszünsler und seine Larven nicht überwintern können [9]. Bisher wurden die Maisstoppen erst nach der Ernte mit Schlegelmulchern und anderen Geräten zerstört. Problematisch waren hierbei die vorherigen Fahrspuren, in welchen die niedergedrückten Maisstoppen für die Geräte nicht zu erreichen waren. Kemper gibt an, pro Maisreihe ca. 3 kW Leistung zu benötigen. Der vorgestellte 8-reihige Mulcher erhöht das Vorsatzgewicht um ca. 350 kg. Die Schlegel drehen sich mit 1700 U/min und werden einzeln über Schwenkgetriebe angetrieben. Über eine Kufe wird immer die optimale Höhe der einzelnen Schlegel sichergestellt, damit die Stoppen bis auf Bodenhöhe zerfasert werden.



**Bild 2:** Kemper StalkBuster [10]

**Figure 2:** Kemper StalkBuster [10]

2018 wird der neu entwickelte 12-reihige Kemper-Vorsatz 490 plus mit sechs großen Einzugsstromeinrichtungen lieferbar sein. Das 9,0 m breite Schneidwerk zeichnet sich durch die geringen Umlenkungen des Gutflusses mit den großen Fördertrommeln aus. Damit soll besonders in hohen Beständen für eine ruhige und zuverlässige Zuführung gesorgt werden.

Krone stellte eine höhenverstellbare Kabine LiftCab für den Big X 780 vor. Die Kabine kann im Feldeinsatz um 70 cm über eine Scherenkinematik hydraulisch angehoben werden und bietet dem Fahrer gerade bei hohen Maisbeständen einen besseren Blick über den Mais auf Hindernisse, den Fahrweg und in den Transportwagen [11]. Gleichzeitig soll sich durch den vergrößerten Abstand zur Häckseltrommel die Lärmbelastung in der Kabine reduzieren.

Um der hohen Bodenverdichtung vor allem unter widrigen Bedingungen entgegenzuwirken, werden Häcksler mit besonders großen Vorderreifen ausgestattet. Als neues Konzept hat CLAAS den Feldhäcksler Jaguar 960 mit dem TerraTrac-Raupenlaufwerk ausgestattet (s. **Bild 3**) [12]. Zur Vorgewendeschonung im Grünlandeinsatz stützt sich die Maschine auf den mittleren Stützrollen und den Antriebsrädern ab und der vordere Teil des Laufwerks wird



angehoben. Durch die verringerten Aufstandsflächen der Raupen reduzieren sich bei Kurvenfahrt im Vorgewende die Schereffekte der Raupe und die Grasnarbe wird geschont.



**Bild 3:** CLAAS Jaguar 960 TerraTrac [13]

**Figure 3:** CLAAS Jaguar 960 TerraTrac [13]

In der CLAAS Jaguar 900 Baureihe gab es zudem mehrere Detailverbesserungen. Die Federn der hinteren Vorpresswalzen des Einzugkanals werden von Hydraulikzylindern mit Druckspeichern ersetzt. Durch eine Regelung des Drucks in den Speichern mit unterschiedlichen Kennlinien passt sich die Vorpresskraft automatisch unterschiedlichen Erntegütern und wechselnden Stärken der Gutmatte an. So soll die Häckselqualität auch bei wechselnden Bedingungen konstant gehalten werden. Die Flexibilität der Maschine wird durch eine neue V-Max Messertrommel erhöht. Diese kann dank der Trommelsymmetrie nun auch mit halbem Messersatz genutzt werden und so ein noch breiteres Schnittlängenspektrum abdecken. Eine besondere Entlastung für den Fahrer ist die automatische Zuladungserkennung. Der Fahrer kann die Zuladungsmengen für unterschiedliche Transportgespanne einspeichern und erhält eine Information, wenn die Zuladung des Transportfahrzeugs erreicht wurde. So soll oftmals überladenen Transportfahrzeugen im Straßenverkehr entgegengewirkt werden. [14]

New Holland erweitert die Feldhäcksler-Baureihe um das neue Flaggschiff FR920 Forage Cruiser und führt die neuen HD-Crop-Prozessorsysteme DuraCracker und DuraShredder ein [15]. Der FR920 wird von einem neuen V8 Motor von FPT mit 20 l Hubraum und 670 kW Maximalleistung angetrieben. Der DuraCracker Kornprozessor wurde ebenso an die höhere Motorleistung angepasst wie der Einzugskanal, der Antriebsstrang und die Triebachse. Zur Vorgewendeschonung wird der Allradantrieb ab einem gewissen Lenkeinschlag automatisch abgeschaltet. Der DuraShredder Kornprozessor besitzt ähnlich dem MCC-Shredlage Prozessor von CLAAS schraubenförmig umlaufende Einkerbungen, welche den Gutstrom zusätzlich in Querrichtung auffasern sollen.

Shredlage Silage ist in den USA weit verbreitet. Auf der Agritechnica 2015 wurden das Verfahren und entsprechende Maschinen für den europäischen Markt vorgestellt [16]. Seitdem wurden verschiedene Untersuchungen der Shredlage im direkten Vergleich zu konventionellen Verfahren durchgeführt [17 bis 19]. Bei diesen Untersuchungen konnten keine signifikan-



ten Verbesserungen hinsichtlich Milchleistung oder Futteraufnahme festgestellt werden [18]. Während der Ernte muss intensiver aufbereitet werden, um einen guten Nährstoffaufschluss zu erreichen. Spezielle Kornprozessoren für Shredlage bringen laut [20] hier jedoch keine signifikanten Vorteile gegenüber gut eingestellten konventionellen Kornprozessoren. Nach [21] erfordert Shredlage mehr Aufwand bei der Silage. Es muss mit mehr Walzmaschinen, dünnen Schichten und bei Bedarf mit Siliermitteln gearbeitet werden, um die aerobe Stabilität zu sichern. Durch den höheren Strukturanteil können dafür jedoch in der Futterration der Strohanteil reduziert oder kürzer geschnittenes Gras genutzt werden. Aufgrund der sich aufwiegenden Vor- und Nachteile konnte sich die Shredlage in Deutschland bisher noch nicht durchsetzen.

In den letzten Jahren haben sich die Anforderungen an die Futterqualität deutlich gewandelt. Vor allem der Kornaufschluss wurde neu definiert. Die Maiskörner sollen nicht nur angeschlagen, sondern am besten gedrittelt oder geviertelt werden [19]. Dieses Ziel kann zum Beispiel durch eine höhere Differenzdrehzahl am Körnerprozessor erreicht werden.

## **Pressen**

Im Bereich der Ballenpressen gibt es vor allem bei den Rundballenpressen mit der Übernahme der Lely-Grünfuttertechnik durch AGCO und der Vorstellung einer selbstfahrenden Rundballenpresse von Vermeer wesentliche Neuerungen. Ballenwickler werden häufig direkt in Kombination mit einer Presse angeboten, die durch die Mantelfolienbindung die Anzahl der Wicklungen reduzieren können. Für den Abtransport der Ballen vom Feld vereinfachen Ballensammelwagen an den Pressen das Einsammeln der Ballen. Dazu werden bis zu drei Ballen nebeneinander abgelegt.

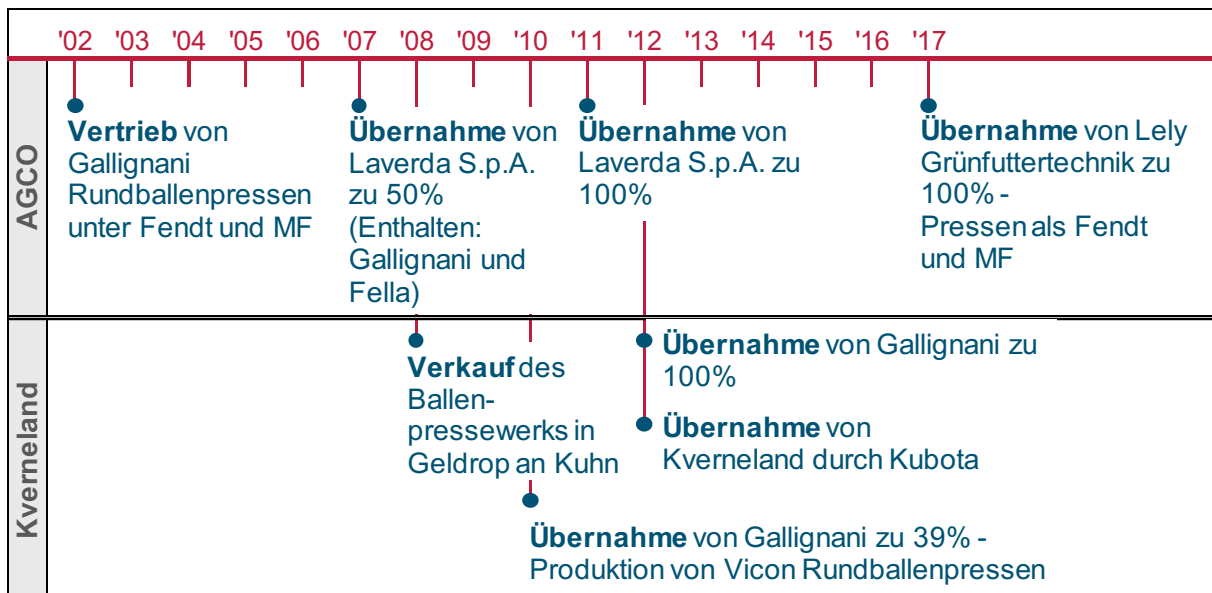
### *Rundballenpressen*

Der amerikanische Hersteller Vermeer stellte mit der ZR5 im September auf der Husker Harvest Days 2017 in Nebraska eine selbstfahrende Ballenpresse vor [22]. Selbstfahrende Ballenpressen gab es vor allem im Bereich der Hochdruckballen in den 70er Jahren und wurden unter anderem von New Holland oder Freeman angeboten. Später folgten leistungsstärkere Ausführungen für Quaderballen, wie die Freeman 1592SP, die Deutz Power Press 120H [23; 24] und wurden als Erntemaschinen für nachwachsende Rohstoffe vorgeschlagen [25]. Selbstfahrende Rundballenpresse gab es dagegen bislang kaum in Serie, jedoch gab es Prototypen. Im Jahr 2000 wurde ein Prototyp von Krone gesichtet [26].

Vermeer selbst zeigte bereits 1985 erstmals eine selbstfahrende Ballenpresse, die wie die neu vorgestellte Maschine über einen hydrostatischen Antrieb und über nachlaufgelenkte Vorderräder verfügt. Damit ist eine Drehung auf der Stelle möglich und Ballen können zur Ablage automatisiert um 90° zum Schwad gedreht werden. Der Hersteller verspricht dadurch eine 35 % schnellere Einsammlung der Ballen. Neu ist die eingesetzte Federung der Vorderachse, die auch bei 40 km/h eine ruhige Fahrt ermöglichen soll. Kameras für Pickup und Presskammer erhöhen bei der ZR5 die Übersichtlichkeit, da diese Bereiche nicht von Fahrer direkt eingesehen werden können. Zur Auswahl stehen mit 183 cm und 155 cm zwei Ballengrößen. Der Marktstart ist 2019 geplant. [26 bis 29]

Mit der Übernahme der Lely-Grünfüttertechnik durch AGCO ändert sich das Portfolio an Rundballenpressen bei Massey Ferguson und Fendt [30]. Eine Übersicht der Firmenbeziehungen bei Rundballenpressen unter den Marken von AGCO zeigt **Bild 4**. Mit dem Vertrieb von Rundballenpressen von Galignani unter den Marken Fendt und Massey Ferguson (MF) begann AGCO im Jahr 2002. Danach erfolgte im Jahr 2007 die Übernahme der Laverda-Gruppe, in der Galignani enthalten ist. Die Übernahme wurde 2011 abgeschlossen. In der Zwischenzeit hat die Kverneland-Gruppe ihr Rundballenpressenwerk im Niederländischen Geldrop an Kuhn im Jahr 2008 verkauft und 2010 mit der Übernahme von Galignani begonnen. Mit dem Kauf bietet Kverneland unter der Marke Vicon wieder Ballenpressen an und komplettiert die Übernahme 2012. Im gleichen Jahr wird die Kverneland-Gruppe durch den japanischen Hersteller Kubota übernommen. Mit der Übernahme der Lely-Grünfüttertechnik 2017 endet der Vertrieb der von Galignani hergestellten Rundballenpressen bei AGCO.

Die variable Rundballenpresse Lely Welger RP 180 V wird nun bei Fendt als 4180 V und bei MF als RB 4180 V vertrieben. Die Festkammerpresse RP 245 von Lely wird bei Fendt als 2125 F und bei MF als 2125F geführt. [31 bis 34]



**Bild 4:** Übersicht Historie Rundballenpressen von AGCO [31 bis 36]

**Figure 4:** Overview history round balers from AGCO [31 bis 36]

John Deere erneut seine Rundballenpressen mit fester und variabler Presskammer, für die Festkammerballenpressen wird nun ein Schneidrotor angeboten [37 bis 39]. CLAAS hat die Baureihe ROLLANT 620 mit einem optionalen Raffersystem ausgestattet. Durch Verringerung des erforderlichen Kraftbedarfs ermöglicht dies die Verwendung kleinerer Traktoren mit einer Motorleistung ab 60 kW [40]. Zum Pressen von großen Erntegutmengen und nasser Grassilage bietet Vicon die neue Festkammerpresse RF5325 an, die Ballendichte wird durch eine neue hydraulische Dichtesteuerung geregelt. [41; 42]

Göweil erweitert die G-1 Rundballenpresse um eine hydraulische Triebachse als Zusatzausrüstung. Dies soll die Sicherheit am Hang erhöhen. Ebenso verhindert ein neuer Ballenfänger ein Rollen der Ballen an steilen Hängen. [43]

#### *Quaderballenpressen*

Um höhere Durchsätze und Pressdrücke zu erreichen, optimieren die Hersteller die Rotoraggregate sowie die Kolbenantriebe [44 bis 47]. Die Fahrer werden durch Ballenwaagen und verschiedene Drucksensoren über die Arbeitsqualität informiert [48; 49]. Automatische Pressdruckregelungen führen zu einer weiteren Entlastung des Fahrers.

#### *Ballenwickler*

Als Trend in der Rundballensilage bieten immer mehr Hersteller eine Mantelfolienbindung ab Werk an. Krone, McHale, New Holland und Case bieten schon seit einigen Jahren Rundballenpressen mit einer solchen Ballenbindung an. Dieses Jahr wurden bei CLAAS die Rollant 400 Uniwrap und bei KUHN die FBP 3135 Rundballenpressen mit Mantelfolienbindung angekündigt [50; 51]. Der Großteil der Hersteller setzt dabei auf spezielle breite Folienrollen, die einfach gegen die üblichen Netzrollen ausgetauscht werden können. Die CLAAS ROLLANT spart so über eine wenige Zentimeter breitere Folie als Netzersatz beim anschließenden Wickeln Folienlagen [50]. Die Rundballenpresse FBP 3135 von Kuhn nutzt zwei zusätzliche überlappende Folienrollen in Standardbreite, sodass die Netzbindung in der Maschine verbleiben kann und einfach zwischen Netz- und Folienbindung umgestellt werden kann. Gegenüber den höheren Kosten der Ballenwicklung bleibt den Kunden die Trennung von Netz und Folie erspart, die sonst nach Auflösung der Ballen anfällt. Außerdem versprechen die Hersteller eine höhere Silage- und Futterqualität durch geringere Sauerstoffaufnahme. Pöttinger hat mit der Impress ein neues Wickelkonzept mit von unten nach oben greifenden Wickelarmen eingeführt. Durch die geringe Bauhöhe der Presse ist eine sichere Ballenübergabe zum Wickeltisch auch bei großen Hangneigungen von bis zu 40 % sichergestellt. Somit eignet sich diese Kombination vor allem für bergiges Gelände. [52]

#### *Ballensammer*

Krone stellt das System BaleCollect für die BigPack Quaderballenpresse vor, mit dem bis zu drei Ballen hinter der Presse transportiert und gleichzeitig nebeneinander abgelegt werden können [53]. So ist es möglich, die Ballen auf dem Feld zu gruppieren und den Aufwand beim Ballensammeln zu reduzieren. Die Besonderheit von Krone BaleCollect ist die teleskopierbare Deichsel, wodurch der Ballensammler bei Straßenfahrt in der gleichen Spur wie die Ballenpresse läuft.

Ein neues System hat John Deere zum Sammeln und gleichzeitigen Ablegen von Rundballen hinter der Presse vorgestellt [54]. Ähnlich zu den bestehenden Systemen für Quaderballenpressen können die Ballen auf dem Feld gruppiert werden.

## Transport- und Überladewagen

In der Grünfütterernte wird die Schlagkraft der Ladewagen mit verbreiterten Pickups und durchsatzstärkeren Schneidwerken zunehmend gesteigert [55; 56]. Diese Ladewagen benötigen für hohe Durchsatzleistungen eine entsprechend höhere Antriebsleistung vom Traktor. Schwenkbare oder verschiebbare Stirnwände erhöhen die Kapazität der Wagen und ermöglichen durch automatisierte Regelung optimale Pressdichten [57]. Speziell für trockene Erntegüter, beispielsweise zur Heuernte, hat Lely einen Ladewagen mit einem Volumen von 50 m<sup>3</sup> vorgestellt [58]. Aufgrund der Übernahme der Lely-Grünfüttertechnik durch AGCO, werden baugleiche Ladewagen fortan unter der Marke Fendt verkauft [35].

Der Fahrzeugbauer Fliegl stellt mit dem Büffel ein neues Gerät zum Überladen von Halmgütern aus Schwadablage vor (s. **Bild 5**). Der Büffel übernimmt das Schneiden des Halmgutes mithilfe von Komponenten aus dem Produktbereich der Ladewagen, wie der Pickup und dem Schneidrotor.



**Bild 5:** Schneidlader Büffel von Fliegl [59]

**Figure 5:** Transfer wagon Büffel from Fliegl [59]

Besonderheit dieser Maschine sind der Zwischenbunker und das Überladeband. Dadurch kann auch z.B. bei der Grassilage auf Ladewagen verzichtet werden und somit der Gewichtsvorteil von Häckseltransportwagen ausgenutzt werden. Somit lässt sich der Büffel als Alternative zum Feldhäcksler einsetzen. Der Zwischenspeicher erlaubt eine zeitlich begrenzte, kontinuierliche Weiterfahrt beim Wechsel des Transportfahrzeuges oder beim Umfahren eines Hindernisses und erhöht durch verringerte Standzeiten die Auslastung. Für eine höhere Standsicherheit ist das Rad unterhalb des Überladebandes nach außen teleskopierbar. Momentan befindet sich der Büffel noch in der Vorserie, die Markteinführung ist für das Jahr 2019 geplant.

## Pelletiermaschine

Krone präsentierte auf der Agritechnica 2015 mit der Premos eine mobile Pelletiermaschine [16]. Momentan befindet sich Krone mit etwa 10 Maschinen in der Testphase. Erstmalig konnte die Premos im Feldeinsatz Mitte des Jahres begutachtet werden [60]. Weitere Hersteller haben ähnliche Maschinen entwickelt. Die CSP GmbH hat mit dem Metritron einen

Prototyp für eine selbstfahrende Pelletiermaschine vorgestellt, die auf einem Claas Jaguar 960 mit 450 kW basiert [61]. Durch die Anbaumöglichkeiten des Feldhäckslers können bestehende Feldhäckslervorsätze verwendet werden. Der CSP Metitron eignet sich laut Hersteller zum Einsatz für Stroh, Miscanthus, Luzerne oder Dinkelspelzen [62]. Schaidler stellte ebenfalls eine mobile Pelletiermaschine mit eigenem Arbeitsantrieb vor [63]. Der Durchsatz beträgt mit einem 441 kW starken Motor 8 t/h. Der Erntevorsatz wird direkt im Frontanbau durch den Traktor betrieben. Über einen Schlauch wird das Gut vom Erntevorsatz über den Traktor zur Pelletiermaschine geleitet. [64]

## Zusammenfassung

Der Absatz von Landmaschinen konnte vor allem in der Grünfüttertechnik im Vergleich zu den Vorjahren nicht zuletzt aufgrund der steigenden Milchpreise wieder gesteigert werden. Auf der Weltleitmesse Agritechnica in 2017 wurde mit dem Überladewagen Büffel von Fliegl eine neue Geräteklasse vorgestellt. Auf der Husker Harvest Days 2017 in Nebraska zeigte Vermeer eine selbstfahrende Rundballenpresse, die in 2018 in Serie gehen soll. Durch die Übernahme der Lely-Grünfüttertechnik durch AGCO hat sich die Produktpalette bei MF und Fendt geändert. Im Kampf gegen den Maiszünsler hat Kemper einen Schlegelmulcher in das Maisgebiss integriert. Eine weitere Neuerung im Bereich der Feldhäckler hat CLAAS vorgestellt. Sie haben das von den Mähdreschern bekannte TerraTrac-Raupenlaufwerk für den Einsatz am Feldhäckler weiterentwickelt.

## Literatur

- [1] Hanke, S.; Bürke, J.: Halmgutmähen und Halmgutwerben. In: Jahrbuch Agrartechnik 2016 (2016). S. 126–133. Braunschweig 2016.
- [2] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung: Kuhmilchpreise und -mengen. URL - <https://datenzentrum.ble.de/tierproduktion/milch/kuhmilchpreise-und-mengen-grafik/>, Zugriff am: 15.01.2018.
- [3] Götz, C.: VDMA Landtechnik: Branchenwachstum auf globalen Schlüsselmärkten verstetigt sich. Hannover, 13. November 2017.
- [4] Götz, C.: Agrartechnikindustrie im Aufschwung. Hannover 6. September 2017.
- [5] Fachverband Biogas: Branchenzahlen 2016 und Prognose der Branchenentwicklung 2017. URL - [https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE\\_Branchenzahlen/\\$file/17-11-29\\_Biogas\\_Branchenzahlen-2016\\_Prognose-2017.pdf](https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/17-11-29_Biogas_Branchenzahlen-2016_Prognose-2017.pdf), Zugriff am: 15.01.2018.
- [6] Schramm, F.; Sümening, F.: Halmgutbergung. In: Jahrbuch Agrartechnik 2016 (2016). S. 134–144. Braunschweig 2016.
- [7] Nonnenmacher, P.: Entwicklung des Saisongeschäfts mit Futtererntetechnik (26.01.2018).
- [8] Götz, C.: VDMA Landtechnik: Saisongeschäft mit Futter-Erntetechnik endet deutlich im Plus 14. August 2017.
- [9] Dörpmund, H.-G.: Schlegeln unterm Vorsatz: Maizünslerbekämpfung, Lohnunternehmen 72 (2017) H. 11. S. 100.

- [10] Maschinenfabrik Kemper GmbH & Co. KG: Kemper erhält Agritechnica - Goldmedaille 09.2017.
- [11] Dörpmund, H.-G.: Raus aus der Maiswand: Krone, Lohnunternehmen 72 (2017) H. 9. S. 42–44.
- [12] CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH: CLAAS TERRA TRAC – it's all about the soil 12.11.2017.
- [13] Schmidtkord, T.: JAGUAR with TERRA TRAC. URL - <http://www.claas-gruppe.com/presse/medien/pressemitteilungen/claas-terra-trac---it-s-all-about-the-soil/1417372>, Zugriff am: 25.01.18.
- [14] CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH: CLAAS präsentiert Neuheiten für die JAGUAR 900 und 800 Baureihe sowie neue Vorsatzgeräte. Harzewinkel November 2017.
- [15] New Holland: New Holland erweitert die Feldhäcksler-Baureihe um neues Flaggschiff FR920 Forage Cruiser und führt die neuen HD-Crop-Prozessorsysteme DuraCracker™ und DuraShredder™ ein. Heilbronn 13. November 2017.
- [16] Kemper, S.; Sümeling, F.: Halmgutbergung. In: Jahrbuch Agrartechnik 2015 (2015). S. 136–150. Braunschweig 2015.
- [17] Thaysen, J.; Geringhausen, H.-G.; Maack, C.; Richart, W.: Kann auf teure Spezialtechnik verzichtet werden?: Häcksellänge Silomais: Heute kurz – morgen lang, Bauernblatt (17. Juni 2017). S. 24–27.
- [18] Ettle, T.; Schneider, M.; Hammerl, G.: Shredlage: Neue Studie zeigt Knackpunkte, top agrar (2017) H. 3. S. 12–15.
- [19] Lützen, B. A.: Alleskönner gewünscht: Diskussion, Lohnunternehmen 72 (2017) H. 10. S. 10–18.
- [20] Thaysen, J.; Geringhausen, H.-G.; Maack, C.; Richart, W.: Drehzahl und Spaltmaß wichtiger als Cracker-Design, Elite (2017) H. 4. S. 26–29.
- [21] Ostermann-Palz, B.; Berkemeier, K.: Shredlage ist mehr als nur lang gehäckselter Mais. URL - <https://www.elite-magazin.de/dossiers/Shredlage-ist-mehr-als-nur-lang-gehaeckselter-Mais-8675623.html>, Zugriff am: 18.01.2018.
- [22] Reis, J.: Vermeer Introduces World's First Self-Propelled Round Baler. Pella, Iowa 13. September 2017.
- [23] Allied Systems Company: Freeman Self-Propelled Sidefeed Balers. URL - <http://www.alliedsystems.com/freeman/sp1592.htm>, Zugriff am: 11.01.2018.
- [24] Eikel, G.: Doppelt so teuer, doppelt so leistungsfähig?: Fahrbericht Deutz-Fahr Power-Pass 120 H, profi (1993) H. 12.
- [25] Weigelt, H.; Frerichs, L.: Selbstfahrende Ballenpresse für auf dem Feld angebaute Pflanzen (14.08.1993) EP0654963 B1.
- [26] Vale, S.: Vermeer develops self-propelled round baler. URL - <https://www.profi.com/news/Vermeer-develops-self-propelled-round-baler-8687793.html>, Zugriff am: 12.01.2018.

- [27] Eckinger, E.: Vermeer ZR5: Selbstfahrende Rundballenpresse. URL - <https://www.agrarheute.com/technik/gruenlandtechnik/vermeer-zr5-selbstfahrende-rundballenpresse-538434>.
- [28] profi: Selbstfahrende Rundballenpresse. URL - <https://www.profi.de/news/Selbstfahrende-Rundballenpresse-8686809.html>.
- [29] Newhall, M.: First of its kind self propelled baler, Farm Show 9 (1985) H. 2.
- [30] Stephan, R.: Wolfenbüttel: Agco übernimmt Lelys Rundballenpressen-Werk. URL - <https://www.agrarheute.com/landundforst/betrieb-familie/technik/wolfenbuettel-agco-uebernimmt-lelys-rundballenpressen-werk-539018>, Zugriff am: 19.12.2017.
- [31] profi: Kverneland wieder mit Rundballenpressen. URL - <https://www.profi.de/news/Kverneland-wieder-mit-Rundballenpressen-1099770.html>, Zugriff am: 12.01.2018.
- [32] Galignani: Galignani History. URL - <https://kvg.galignani.com/About-Galignani/Galignani-History>, Zugriff am: 12.01.2018.
- [33] Fendt: Erfolgreiche Traktorengeschichte – geschrieben von Fendt. URL - <https://www.fendt.com/de/14822.html>, Zugriff am: 12.01.2018.
- [34] Agco: History of AGCO. URL - <http://www.agcocorp.com/about/agco-history.html>, Zugriff am: 12.01.2018.
- [35] Brockmann, A.: Fendt: Futtererntetechnik komplettiert Full-Line-Strategie. URL - <https://www.agrarheute.com/traction/news/fendt-futtererntetechnik-komplettiert-full-line-strategie-538235>.
- [36] Kverneland Group: Aquisition of Galignani S.p.A. URL - <https://ie.kvernelandgroup.com/News-and-Media/News/Aquisition-of-Galignani-S.p.A>.
- [37] John Deere GmbH & Co. KG: Neue variable Rundballen-Pressen von John Deere. Zweibrücken 22. Juni 2017.
- [38] Deter, A.: Neue variable Rundballen-Pressen von John Deere - Techniknews. URL - <https://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Neue-variable-Rundballen-Pressen-von-John-Deere-8338732.html>, Zugriff am: 19.12.2017.
- [39] John Deere: New Deere 0 Series Round Balers & Plus2 Round Bale Accumulators. Olathe, Kansas 29. August 2017.
- [40] CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH: Rundballenpresse ROLLANT 620 jetzt auch mit Raffersystem. Harsewinkel/Metz Juli 2017.
- [41] profi.de: Heavy-Duty-Ballenpresse. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Heavy-Duty-Ballenpresse-8454571.html>, Zugriff am: 04.01.2018.
- [42] N.N.: Heavy-Duty Presse: RF 5325 schluckt große Erntemengen und nasse Silage, Eilbote 65 (2017) H. 44. S. 46.
- [43] N.N.: Rundballenpressen für Hanglagen: Triebachse und Ballenfänger erhöhen die Sicherheit, Eilbote 65 (2017) H. 44. S. 49.
- [44] Wilmer, H.: Emsländer Fein-Schnitt: Krone BIG Pack 1270 VC HighSpeed, profi (2017) H. 4. S. 44–46.

- [45] profi.de: Für kompakte und schwere Ballen. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Fuer-kompakte-und-schwere-Ballen-8680917.html>, Zugriff am: 04.01.2018.
  - [46] profi.de: MF Hochleistungspresse. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-MF-Hochleistungspresse-8684803.html>, Zugriff am: 04.01.2018.
  - [47] Wilmer, H.: 500 Kilo in 30 Sekunden: Fendt Quaderballenpresse 1290 S XD, profi (2017) H. 3. S. 26–29.
  - [48] Göggerle, T.: Claas stellt Neuheiten an Pressen vor. URL - <https://www.agrarheute.com/technik/gruenlandtechnik/claas-stellt-neuheiten-pressen-537217>.
  - [49] profi.de: Neue Features für die Packen. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Neue-Features-fuer-die-Packen-8404135.html>, Zugriff am: 04.01.2018.
  - [50] CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH: Was Ihr wollt: Folie oder Netz: Rundballenpressen mit neuer variabler Ballenbindung, Eilbote 65 (2017) H. 33. S. 16.
  - [51] profi.de: Presswickelkombi jetzt auch mit Folienbindung. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Presswickelkombi-jetzt-auch-mit-Folienbindung-8455700.html>, Zugriff am: 04.01.18.
  - [52] N.N.: Impress auch als Wickelkombination: Neues Konzept: Die Wickelarme greifen von unten nach oben, Eilbote 65 (2017) 45-46. S. 54.
  - [53] Krone Landmaschinenfabrik: BigPack: BaleCollect 1230 10.2017.
  - [54] John Deere: New Deere 0 Series Round Balers & Plus2 Round Bale Accumulators available for 2018 hay season. Olathe, Kansas August 29, 2017.
  - [55] profi.de: Neue Ladewagen-Generation. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Laden-transportieren-lagern-Neue-Ladewagen-Generation-8711983.html>, Zugriff am: 04.01.2018.
  - [56] profi.de: Neues Top-Modell. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Laden-transportieren-lagern-8763276.html>, Zugriff am: 04.01.2018.
  - [57] profi.de: Auf dem Weg zum Fulliner. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Stroh-und-Gras-ernten-Auf-dem-Weg-zum-Fulliner-8680964.html>, Zugriff am: 04.01.18.
  - [58] profi.de: Kleiner Tigo für große Heumengen. URL - <https://www.profi.de/neuheiten/Laden-transportieren-lagern-Kleiner-Tigo-fuer-grosse-Heumengen-7835390.html>, Zugriff am: 04.01.2018.
  - [59] Fliegl: Fliegl auf der Agritechnica 2017. URL - <http://www.fliegl-agrartechnik.de/fliegl-auf-der-agritechnica-2017/150/1526/6266/>, Zugriff am: 21.01.2018.
  - [60] profi.de: Krone: Premos im Einsatz und neues BiG Pack-Schneidwerk. URL - <https://www.profi.de/news/Krone-Premos-im-Einsatz-und-neues-BiG-Pack-Schneidwerk-3753057.html>, Zugriff am: 05.01.2018.
  - [61] N.N.: Metitron schluckt Stroh und Gräser: Eigenproduktion von Einstreu und Futter, Eilbote 65 (2017) H. 30. S. 15–16.
-



- [62] CSP GmbH Cut Systems Pfronstetten: CSP Metitron Energiegewinnung.
- [63] Schaidler: So arbeitet Schaidler Pelletec D 8.0. URL - [http://www.schaidler-group.com/download/folder\\_pelletec\\_monitor.pdf](http://www.schaidler-group.com/download/folder_pelletec_monitor.pdf).
- [64] Eder, J.: Mobiler Pellet-Vollernter: Jetzt auch aus Österreich. URL - <https://www.agrarheute.com/agrartechnik/news/mobiler-pellet-vollernter-oesterreich-530515>, Zugriff am: 16.01.2018.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 15.02.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Schramm, Florian; Poppa, Lukas: Halmgutbergung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-13

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151532>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/halmgutbergung.html>

---

## Halmgutkonservierung

Thomas Hoffmann,

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam

### Kurzfassung

Halmfutter ist für Pferde oder Wiederkäuer ein wichtiges Grundfutter. Forschungsarbeiten zeigen, wie zur Vermeidung von Bröckelverlusten Heu bereits mit 30 % Feuchte in Ballen gepresst werden kann. Die Ballen werden anschließend auf eine stabile Lagerfeuchte getrocknet. Zur Abschätzung der Welkedauer befindet sich ein Prognosemodell in der Entwicklung. Zwischenfutterkulturen bieten die Möglichkeit, zusätzliches Futter zu erzeugen; zur Silierung sollten aber Silierhilfsmittel eingesetzt werden. Einmal angelegte Silagepartien sollten nicht sofort wieder geöffnet werden.

Zum Einlagern von Siliergut, insbesondere von Anwelkgras, bieten mehrere Hersteller für die Belange der Landwirtschaft modifizierte Radlader an. Für eine bessere Verdichtungsleistung wurde ein spezieller Silageverdichter mit vibrierenden Walzen entwickelt.

### Schlüsselwörter

Trocknung, Heuballen, Welkedauer, Radlader, Silageverdichter

## Crop Preservation

Thomas Hoffmann,

Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB), Potsdam

### Abstract

Forage is an important basic feed for horses and ruminants. Research papers show that hay should be pressed in bales at 30 % moisture content in order to avoid crumbling losses. Afterwards, these bales are dried to achieve a stable storage moisture. For estimating the necessary wilting time, a prediction model is under development. Intermediate fodder crops are useful to produce additional forage. The ensiling should be done with silage additives. Silage bulks should not be opened shortly after ensiling.

For agricultural purposes, several manufacturers offer modified wheel loaders for the storage of silage, especially wilted grass. To achieve a better compaction performance, a silage compactor with vibrating rollers was developed.

### Keywords

Drying, hay bales, wilting time, wheel loader, silage compactor

## Allgemeines

Halmgut ist ein wichtiges Grundfutter für Pferde und Wiederkäuer. Da das Halmgut in frischer Form nur saisonal zur Verfügung steht, muss das Futter für eine ganzjährige Nutzung nach der Mahd konserviert und gelagert werden. Das Halmgut kann in Form von Heu, Stroh, Heulage oder Silage konserviert und verfüttert werden. Im Interesse des Tierwohls und einer hohen Tierleistung muss das Futter von hoher Qualität sein. Welche Form der Konservierung zum Einsatz kommt, hängt u. a. von den pflanzenbaulichen Gegebenheiten, der technischen Ausstattung und vom Witterungsrisiko ab.

## Heutrocknung

Heu sollte u. a. einen hohen Blattanteil, einen Energiegehalt von 5,9 bis 6,1 MJ/NEL und einen Rohproteingehalt von 145 g/kg Trockenmasse (TM) aufweisen [1 bis 3]. Für eine stabile Lagerung darf die Restfeuchte höchstens 13 % betragen [2], was einem TM-Gehalt von 87 % entspricht. Die Ernte von derart trockenem Gut muss sehr schonend erfolgen, sonst können Bröckelverluste von bis zu 30 % des Gesamtertrages entstehen [1]. Als Alternative bietet es sich an, das vorgetrocknete Halmgut bei bereits 30 % Restfeuchte in Ballen zu pressen und die Ballen technisch nachzutrocknen (**Bild 1**). Bei der nachträglichen Ballentrocknung unter Dach sollte das Gebläse einen Luftvolumenstrom von mindestens 1.500 m<sup>3</sup>/Ballen und einen Luftdruck von mindestens 1.000 Pa erzeugen [2]. Für Landwirte, die auf Belüftungsheu setzen wollen, hat das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft ein Informationsheft herausgegeben [4].



**Bild 1:** Belüftungstrocknung von Heuballen unter Dach. (Foto: Björn Bohne)

**Figure 1:** Ventilation drying of hay bales under a roof. (Picture: Björn Bohne)

Für die Außenlagerung von trockenen Heu- und Strohballen haben die israelische Firma Tama und John Deere das sogenannte System B-Wrap entwickelt [5]. Bei diesem System werden die Ballen mit einem Bindenet mit integrierter Funktionsmembran umwickelt. Die Funktionsmembran lässt Wasserdampf aus dem Ballen heraus, schützt aber vor eindringendem Wasser.

### **Silierung- und Silagequalität**

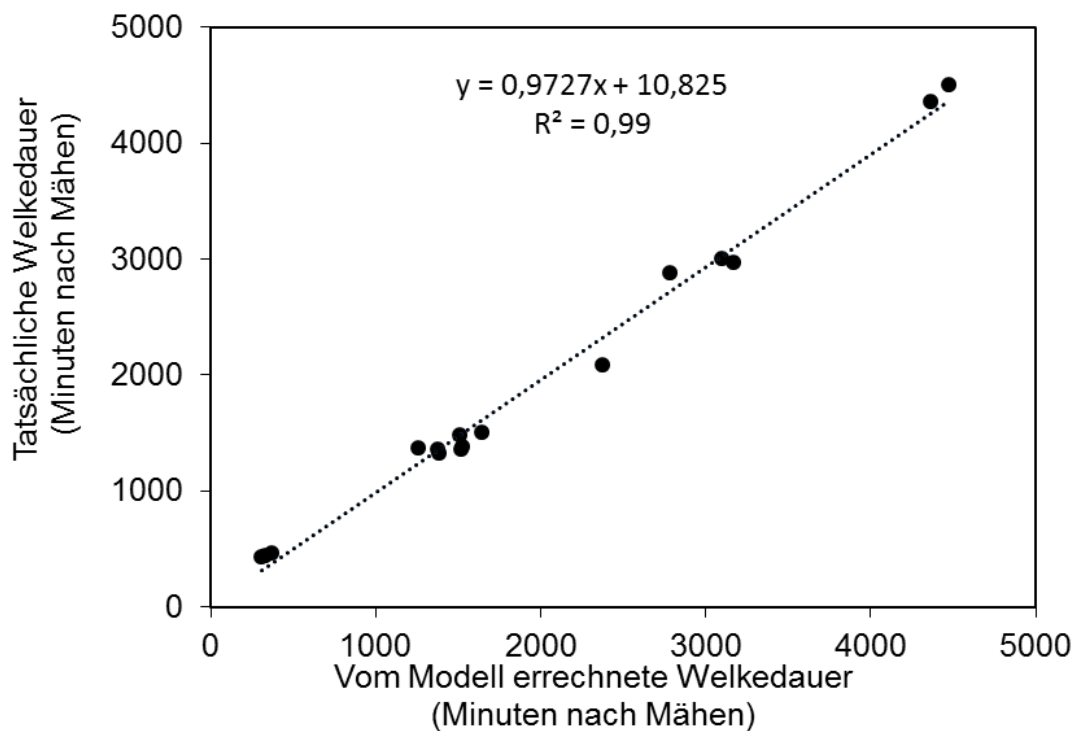
Der Zwischenfütteranbau bietet die Möglichkeit, zusätzliches Futter zu produzieren. Die Zwischenfütter-Kulturen sind aber oft schwer silierbar. Um dennoch stabile Silagen herstellen zu können, müssen bei Zwischenkulturen Silierungsmittel eingesetzt werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass Silagen ohne Silierungsmittel hohe Gehalte an Buttersäure aufwiesen, sodass die Silagequalität als schlecht einzustufen war. Mit Silierungsmittel war die Silagequalität deutlich besser und der Nährwert höher [6].

Manche Landwirte beginnen kurz nach der Einlagerung mit der Entnahme und Verfütterung des Silierungsgutes. Bei derart früher Entnahme ist die Gärung noch nicht abgeschlossen. Bei Silierungsversuchen wiesen frühzeitig entnommene Silagen einen zu hohen pH-Wert auf, hatten einen hohen Besatz an Hefen, Schimmelpilzen und Bakterien und waren aerob instabil [7].

Zur Bestimmung der Silagedichte ist es üblich, Bohrkerne oder Silageblöcke zu entnehmen und über das Volumen und die Masse die Dichte zu berechnen. Zur Vereinfachung der Dichtemessung wurde ein Einstechpenetrometer entwickelt und getestet [8]. In Praxistests zeigte sich, dass Penetrometerwerte zwar eine relativ hohe Streuung aufweisen, die Messungen aber ausreichend genau sind.

### **Silierung**

Grünlandbestände müssen nach dem Mähen auf dem Feld verbleiben und auf einen bestimmten Trockenmassegehalt welken, bevor sie einsiliert werden können. Die Dauer des Welkens ist vom Landwirt nur schwer einzuschätzen, weil sie von der abzugebenden Wassermenge und der witterungsbedingten Wasseraufnahme der Luft abhängt. Um dem Landwirt eine Entscheidungshilfe geben zu können, wird zurzeit ein Prognosemodell zur Vorhersage der Welkedauer entwickelt [9; 10]. Die grundlegende Idee zu diesem Vorgehen und die Datengrundlage stammen aus der ehemaligen DDR. Ein Vergleich berechneter und gemessener Welkedauern zeigt eine gute Übereinstimmung (**Bild 2**).



**Bild 2:** Vergleich der tatsächlichen mit der vom Modell berechneten Welkedauer [9].

**Figure 2:** Comparison between observed and predicted wilting time [9].

Zunehmend mehr Landwirte setzen auf Shredlage. Dabei handelt es sich um lang gehäckselten Silomais mit Häcksellängen von 26 bis 30 mm. Zusätzlich wird das Erntegut durch spezielle Walzen zerfasert. Von Shredlage verspricht man sich eine bessere Futteraufnahme und eine höhere Milchleistung. Es werden jedoch unterschiedliche Ergebnisse von Praktikern hinsichtlich der Verdichtbarkeit im Horizontalsilo und des Aufwandes für die Verdichtung gemeldet [11].

Anwelkgras wird beim Einlagern häufig mit sogenannten Grüngutgabeln "in das Silo getragen". Für eine effektive Aufnahme und Verteilung des Gutes bieten mehrere Hersteller Radlader an [12 bis 14]. Die Radlader werden für die Belange der Landwirtschaft modifiziert und verfügen über einen hydrostatischen Fahrtrieb oder über ein leistungsverzweigtes Getriebe mit mechanischem und hydrostatischem Teil. Mit dem Fahren auf der Siliergutoberfläche übernehmen die Radlader auch gleich Walzarbeit.

Für eine bessere Verdichtung des eingelagerten Gutes hat die Firma WeberMT für den Heckanbau des Schleppers einen speziellen Silageverdichter mit vibrierenden Walzen entwickelt [15; 16]. Die Walzen vibrieren mit einer Frequenz von 32 Hz und erzeugen durch die Unwuchtkräfte eine zusätzliche Horizontalkraft, die einer Masse von 12 t entspricht. Die statische Eigenmasse des Silageverdichters beträgt nur 2,8 t.

Horizontalsilos werden im Laufe der Zeit häufig undicht. Die Firma GREEN PROTECTION GmbH bietet zum Abdichten hochstrapazierfähige, reißfeste Spezialdichtungsbahnen an [17]. Die Dichtungsbahnen dichten bei vorhandenen und auch bei später eintretenden Fugen oder Rissen ab.

Für den Fall, dass kein Silo mit Wänden zur Einlagerung zur Verfügung steht, kann das innovative Silokonzept der Firma Schmack Biogas GmbH eingesetzt werden [18; 19]. Bei diesem Konzept werden Silowände in Modulbauweise aus Kunststoffbausteinen aufgebaut. Die Silowände sind bis zu 1 m hoch, erlauben aber Silohöhen bis zu 9 m. Spezielle Rinnensysteme fangen Sickersaft und Niederschlagswasser getrennt auf.

### Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum befassten sich mehrere Entwicklungsarbeiten mit der Qualität des Halmfutters. Es gab Untersuchungen zur Trocknung von Heuballen, zur Abschätzung der Welkedauer von Grüngut, zur Silierung von Futter auf der Basis von Zwischenkulturen und zur Bestimmung der Siliergutdichte.

Technische Weiterentwicklungen sind u. a. bei Radladern und Verdichtungswalzen zu verzeichnen.

Bei undichten Fahrsilos können strapazierfähige Dichtungsbahnen an Wänden und auf dem Boden aufgebracht werden. Mit Hilfe von Kunststoffbausteinen können Silowände in Modulbauweise erstellt werden. Dieses Silokonzept erlaubt bei nur 1 m hohen Wänden bis zu 9 m hohe Silohaufen.

### Literatur

- [1] Bohne, B.: Gutes Heu schonend werben. Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben 174 (2016) H. 21, S. 24-25.
- [2] Bohne, B.: Unterm Dach weitertrocknen. Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleben 174 (2016) H. 27, S. 25-26.
- [3] Bohne, B.: Künstlicher Wasserentzug. Bauernzeitung 57 (2016) H. 3, S. 30-31.
- [4] Bohne, B.; Braun, J.; Jakschitz-Wild, S.; Fübbeker, A.; Hofmann, M.; Kittl, M.; Nilles, L.; Pöllinger, A.; Thuner, S. und Wirleitner, G.: Belüftungsheu – Qualität – Verfahren – Kosten. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, KTBL-Heft 116, 2017, 64 Seiten.
- [5] Höner, G.: Funktionsjacke für Rundballen. top agrar 45 (2016) H. 7, S. 92-93.
- [6] Wyss, U.; Mosimann, E.: Silagequalität von Zwischenfutter. Agrarforschung Schweiz 7 (2016) H. 10, S. 436-441.
- [7] Wyss, U.; Pradervand, N.: Einfluss der Silierdauer auf die Qualität einer Maissilage. Agrarforschung Schweiz 8 (2017) H. 9, S. 348-355.
- [8] Krüger, A. M.; Jobim, C. C.; De Carvalho, I.Q. und Moro, J. G.: A simple method for determining maize silage density on farms. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 5 (2017) H. 2, S. 94-99.
- [9] Pickert, J.; Hoffmann, T.; Herrmann, A.; Thaysen, J.; Weise, G. und Wellenbrock, K. H.: Vorhersage der Welkedauer vom Mähen bis zum Silieren bei unterschiedlichen Grünlandbeständen. 60. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau (AGGF), 25.-27.08.2016 in Luxemburg, S. 137-140.

- [10] Pickert, J.; Hoffmann, T.; Herrmann, A.; Thaysen, J.; Weise, G. und Wellenbrock, K. H.: „WiltExpert“ - a model for on-farm prediction of grass wilting time from mowing to ensiling dry matter content. In: The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation, Trondheim, Norway, 4-8 September 2016, S. 200-202.
- [11] Harker, C.; Westendarp, H. und Korte, H.: Schreddern für mehr Struktur. dlz agrarmagazin 68 (2016) H. 8, S. 24-30.
- [12] Neumann, M.: Neuer Radlader auf dem Silo. profi 29 (2017) H. 12, S. 191.
- [13] Brüse, C.: Der „Kleine“. profi 29 (2017) H. 4, S. 40-41.
- [14] Eikel, G.: Tarnung aufgefliegen. profi 29 (2017) H. 11, S. 78-80.
- [15] Bensing, T.: Das Silo festrütteln? profi 28 (2016) H. 4, S. 30-32.
- [16] Meyer, K.: Der wichtigste Schnitt. Bauernzeitung 58 (2017) H. 23, S. 28-30.
- [17] N.N.: GP-Silo "dicht" System erhält Patent. profi 28 (2016) H. 10, S. 83.
- [18] Meier, D.: Fahrsilo: konvex und gestapelt. Energie aus Pflanzen 20 (2016) H. 3, S. 43.
- [19] N.N.: Flex-Silo. Innovatives Fahrsilokzept aus Systembausteinen. Schmack Biogas GmbH. URL – <http://www.schmack-biogas.com/de/landwirtschaft/komponenten/silo-komponenten/fugenloses-silo.html> – Zugriff am: 12.01.2018.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Hoffmann, Thomas: Halmgutkonservierung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-6

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151534>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/halmgutkonservierung.html>

---

## **Kartoffeltechnik**

Michael Klindtworth,  
GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme

### **Kurzfassung**

Bei der Mechanisierung des Anbaus von Kartoffeln gibt es weltweit große Unterschiede, die unter anderem durch die Arbeitslöhne sowie durch die verfügbare Traktorentechnik begründet sind. Obwohl die größten Wachstumsraten im Anbau in Asien zu verzeichnen sind, ist die dort eingesetzte Technik eher schlicht. Daher konzentriert sich der vorliegende Bericht auf aktuelle technische Entwicklungen für die Länder in Europa und Nordamerika, in denen eine höhere Produktivität und Effizienz beim Maschineneinsatz im Vordergrund steht. Die stetig wachsenden Ansprüche haben zu neuen Entwicklungen entlang der Wertschöpfungskette (vom Legen bis zum Einlagern) geführt, die nachfolgend an ausgewählten Beispielen vorgestellt werden.

### **Schlüsselwörter**

Legemaschinen für kombinierte Anbauverfahren, Bunkerkonzepte bei Erntemaschinen, Effizienz, Erosionsschutz, Fahrwerke, Feldhygiene, Furchenbehandlung, Kartoffelbau, Kartoffelroder, ISOBUS, Pflanzenschutzmittel, Reihendüngung, selbstfahrende Erntemaschinen, Trenngeräte, Unterfußdüngung, Lagerlogistik, Logistik

## **Potato Technology**

Michael Klindtworth,  
GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme, Germany

### **Abstract**

There are remarkable differences in mechanization of growing potatoes around the world. Although the largest growth rates of production are in Asia, the used technology is rather simple. Therefore, this report focuses on current technical developments in Europe and North America, where productivity- and efficiency-requirements are of particular importance to the farmer. The growing demands have lead to new developments along the chain from planting to storage, which will be presented by selected examples.

### **Keywords**

Potato planters for combined cultivation methods, application of pesticides, soil protection, chassis, bunker concepts for harvesters, separating devices, hygienical aspects for field and soil, logistics

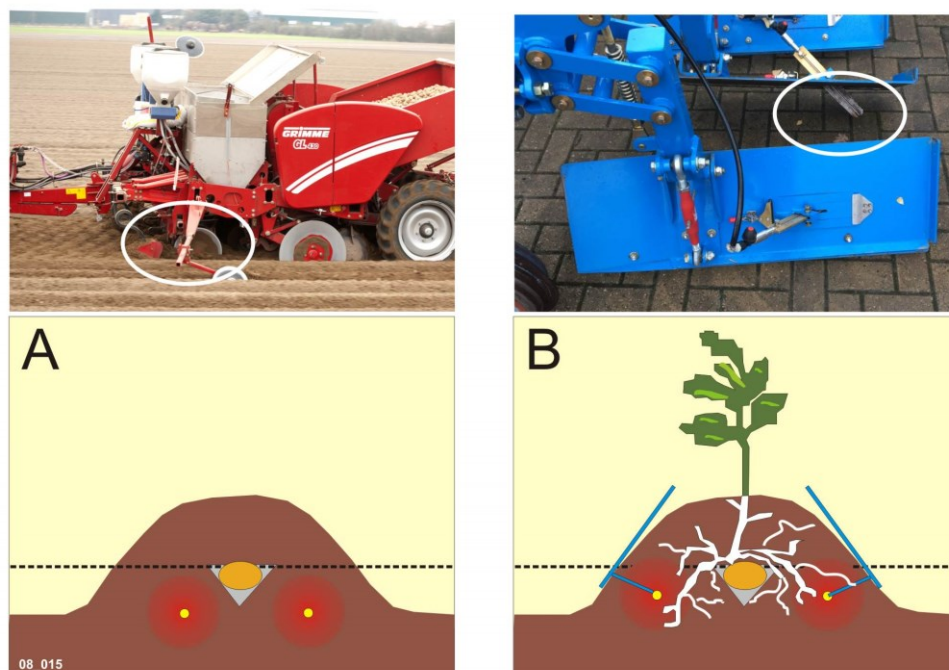


## Allgemeine Entwicklungen

Die Bedeutung der Kartoffel als Nahrungsmittel ist weiterhin groß [1]. Während in vielen Ländern der Welt die klassische Speisekartoffel als Grundnahrungsmittel dient, kommen in den weiter entwickelten Ländern Europas, Nordamerikas und Asiens zunehmend verarbeitete Kartoffeln in den Handel. Damit steigt der Anspruch an die Qualität der Rohware, die maßgeblich durch die Technik im Kartoffelanbau, insbesondere durch die mechanische Belastung bei der Ernte und bei der Einlagerung, mit beeinflusst wird.

## Technik zum Legen und Pflegen der Kartoffel

Pflanzenschutz und Nährstoffversorgung rücken verstärkt in den Fokus der Anbauer. Die Hersteller reagieren darauf mit neuen Fassanlagen für den Transport von flüssigen Pflanzenschutzmitteln (PSM) im Frontanbau des Traktors und mit weiterentwickelten Furchenziehern, die eine gleichzeitige Applikation von PSM auf die Knolle und in die Furche (so genannte Furchenbehandlung) in flüssiger und granulierter Form ermöglichen. Des Weiteren gibt es neue Ansätze zur streifenförmigen Ablage von Düngemitteln im Damm (**Bild 1**). Derzeit übliche Verfahren nutzen entweder Hohlschare oder Hohlscheiben, um den Dünger gezielt links und rechts der Knolle zu platzieren (Bild 1 A). Dabei wird eine Ablage des Düngers angestrebt, die ca. 3-5 cm tiefer als das Pflanzgut liegt, um so gezielt das Wurzelwachstum und die Lage des Knollennestes zu beeinflussen und den Anteil oberflächlich grüner Knollen zu minimieren. Vergleichsweise neu ist der Ansatz, die mineralische Düngung nicht beim Legen, sondern zeitlich verzögert nach dem Auflaufen durchzuführen [2; 3].



**Bild 1:** Schematische Darstellung der klassischen Applikation von Düngemitteln beim Legen (A) bzw. zeitlich versetzte Injektion flüssiger Düngemittel in den Kartoffeldamm (B)

**Figure 1:** Comparison of application of conventional solid fertilizer (A) and liquid fertilizer (B)

Die eingesetzten Maschinen sind so aufgebaut, dass sie den Damm leicht formen und oberflächlich glätten. In die formenden Leitbleche sind stechende/schneidende Werkzeuge integriert (Bild 1 B), mit deren Hilfe flüssige Düngemittel in den Damm unterhalb der Knolle eingebracht werden. Mit der dargestellten Technik sollen unerwünschte Nährstoffverlagerungen minimiert werden. Dem ökologischen Vorteil der gezielten Nährstoffgabe in ein bereits bestehendes feines Wurzelwerk stehen zwei Nachteile gegenüber. Einerseits können sowohl stechende als auch schneidende Werkzeuge dieses feine Wurzelwerk verletzen. Andererseits können insbesondere die schneidenden Werkzeuge die Gefügestabilität des Dammes auf leichtem Boden negativ beeinflussen. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Art der Nährstoffapplikation mit der gegebenen Bauweise der Werkzeuge durchsetzen kann.

### **Allgemeine Entwicklungen zur Ernte von Kartoffeln**

Der Trend zum betrieblichen Wachstum und zur Spezialisierung im Kartoffelbau hat sich weiter fortgesetzt. Daneben ist auch der Knollenertrag in den vergangenen vier Jahrzehnten von ca. 236 dt/ha (1976) auf durchschnittlich über 444 dt/ha (2016) in Deutschland gestiegen [4]. Die Kombination dieser Entwicklungen hat Auswirkungen auf die Anforderungen an die Mechanisierung und die erforderliche Ernteleistung. Dabei wird derzeit intensiv diskutiert, ob die Mechanisierung der Kartoffelernte aus Gründen der Bodenhygiene (d.h. mit der Verbringung von kritischen, bodenbürtigen Schadorganismen von einer Fläche zur nächsten) zukünftig stärker einzelbetrieblich erledigt werden sollte oder ob die bisher üblichen überbetrieblichen Maschineneinsätze mit gezielten Reinigungsmaßnahmen auch zukünftig ihre bedeutende Rolle bei der Kartoffelernte behalten werden. Die nachfolgend vorgestellten Weiterentwicklungen gehen auf die Technik der Erntevorbereitung, auf Ernteverfahren, Maschinenkonzepte mit neuen Bunkervarianten und die damit verbundenen Fahrwerkskonzepte sowie Aspekte der Logistik von Kartoffeln näher ein.

### **Technik zur Ernte, Reinigung und Transport von Kartoffeln**

#### *Erntevorbereitung Krautschlagen*

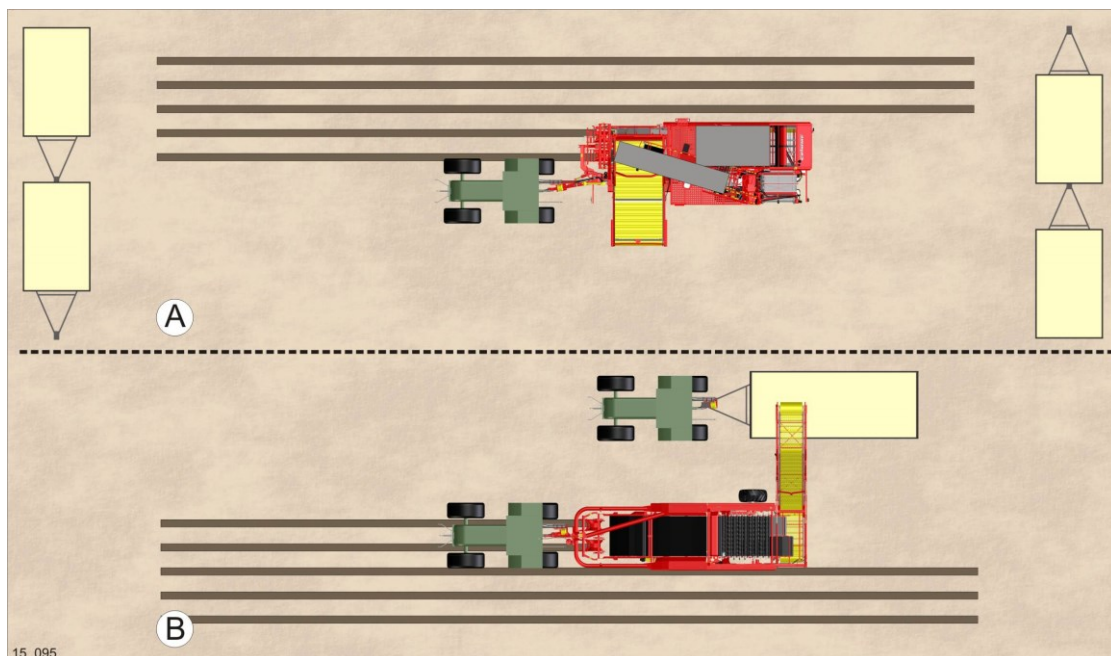
Neue Kartoffelsorten, insbesondere für die Stärkeproduktion, haben z.T. erheblich mehr Kartoffelkraut als noch vor einigen Jahren. Oberflächliche Pflanzenteile erreichen inzwischen eine Höhe von 120 bis 150 cm über dem Damm und können so zu Beeinträchtigungen bei der Ernte führen. Neben den üblichen Krautschlägern mit Konturschlegeln auf einer horizontalen Welle, kommen vereinzelt auch Kettenmulcher und horizontal umlaufende Messer (nach dem Prinzip eines Rasenmähers) zum Einsatz. Die Erfahrungen mit diesen Werkzeugen sind widersprüchlich. Sie lassen erwarten, dass neben der Schlägelfunktion weitere Optimierungen zur gezielten, tiefen Krautablage zwischen den Dämmen erfolgen werden. Einzelne Hersteller kombinieren umlaufende Krautrupfer mit nachfolgenden Messern zum Wurzelschneiden mit zusätzlichen sensorgesteuerten Düsen für die Behandlung nicht erfasster Reststängel [5]. Durch die Kombination von chemischen und mechanischen Maßnahmen der Krautregulierung sollen die Abreife und die Schalenfestigkeit der Kartoffeln beschleunigt sowie die nachfolgende Ernte zusätzlich erleichtert werden.

*Weiterentwicklungen bei Fahrwerks- und Bunkerkonzepten in der gezogenen Erntetechnik*

Gezogene Erntetechnik hat im Vergleich zu selbstfahrender Erntetechnik die weitaus größere Bedeutung. Dabei werden einreihige Maschinen nach wie vor stark von Betrieben nachgefragt, die ihren Schwerpunkt im Bereich hochwertiger Speiseware haben. Die technische Ausführung erfolgt als klassischer Kartoffelvollernter mit Sammelbunker.

Bei den verkauften Einheiten geht der Trend seit einigen Jahren deutlich in Richtung zweireihige Erntetechnik. Dies gilt insbesondere für die Märkte in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Auffallend ist, dass immer mehr europäische Hersteller Maschinen mit nur zwei anstelle der bisher üblichen drei Trenngeräte für dieses Marktsegment entwickeln. Es ist davon auszugehen, dass diese vergleichsweise preiswerten Maschinen den Übergang zur mehrreihigen Erntetechnik bei wachsenden Betrieben erleichtern [6].

Bei den eingangs beschriebenen, wachsenden Erträgen ergibt sich die Folgerung, die Maschinen entweder mit größeren Sammelbunkern auszustatten oder das Verfahren vom klassischen Bunkern und Entladen am Feldrand auf das Entladen während des Rodens umzustellen. **Bild 2** zeigt eine schematische Darstellung der Ernte mit Bunkerroder (A) und der Ernte mit einem Überladeroder (B), der das Entleeren/Überladen während der Fahrt ermöglicht. Letztere haben vor allem in den Niederlanden, in Großbritannien und Nordfrankreich eine größere Verbreitung. Die Ansprüche an die Logistik sind dabei insgesamt höher, da die Erntemaschine nicht ohne nebenherfahrendes Transportfahrzeug roden kann.



**Bild 2:** Vergleichende Darstellung der Ernteverfahren mit Bunkerroder (A) und Überladeroder (B)

**Figure 2:** Comparison of potato harvest with a bunker harvester (A) and an elevator harvester (B)

Mit der Forderung nach größeren Bunkern kommen die Maschinen an die Grenzen der Zulassung für den Straßenverkehr in verschiedenen europäischen Ländern. Erstmals zeigt ein Hersteller ein dreirädriges Fahrwerk ("TriSys") für Kartoffelerntemaschinen, um den Kontaktflächendruck auf den Boden zu reduzieren und gleichzeitig die Erfordernisse der Straßenverkehrszulassungsordnung zu erfüllen (**Bild 3**).



**Bild 3:** Dreirädriges Fahrwerk "TriSys" einer Kartoffelerntemaschine für mehr Bodenschonung [7]  
**Figure 3:** Trailed potato harvester with "TriSys" wheel-system for a reduced impact to the soil [7]

Für die Kartoffelernte bei feuchten und nassen Bodenbedingungen gibt es seit vielen Jahren hydraulisch angetriebene Triebachsen. Die Triebachse wird üblicherweise nur temporär (bedarfsgerecht) zugeschaltet, um so den Verschleiß und den Kraftstoffbedarf des Traktors zu minimieren. Nachteilig ist, dass die Funktion manuell vom Fahrer aktiviert bzw. deaktiviert werden muss. Seit kurzem bietet ein Hersteller ein hydraulisch angetriebenes Triebrad an, das ISOBUS-Signale des Traktors benutzt, um die Drehrichtung des Triebrades (vorwärts/rückwärts) umzuschalten [8]. Die Triebachse wird beim Anfahren und beim Rangieren am Vorgewende automatisch mit der richtigen Fahrtrichtung angesteuert (**Bild 4**).

Diese Entwicklung zeigt, dass die ISOBUS-Technologie inzwischen herstellerübergreifend bei den meisten Herstellern als Standard angekommen ist. Dabei steht die Bedienung mit einem einheitlichen Bedienkonzept im Vordergrund. Ein positiver Nebeneffekt ist, dass die Sicht durch das Seitenfenster des Traktors nicht mehr von einer Vielzahl unterschiedlicher Bedienterminals beeinträchtigt wird.

Auf die technischen Möglichkeiten zur Regelung des Traktors durch die Erntemaschine (das so genannte Tractor-Implement-Management, TIM) wurde in einem früheren Fachbeitrag bereits näher eingegangen [9; 10].





**Bild 4:** Gezogener, zweireihiger Bunkerroder mit ISOBUS-gesteuertem Triebbad für die Ernte unter kritischen Bodenbedingungen [8]

**Figure 4:** Trailed two-row potato harvester with hydraulically driven wheel, controlled via ISOBUS, for harvesting in critical soil conditions [8]

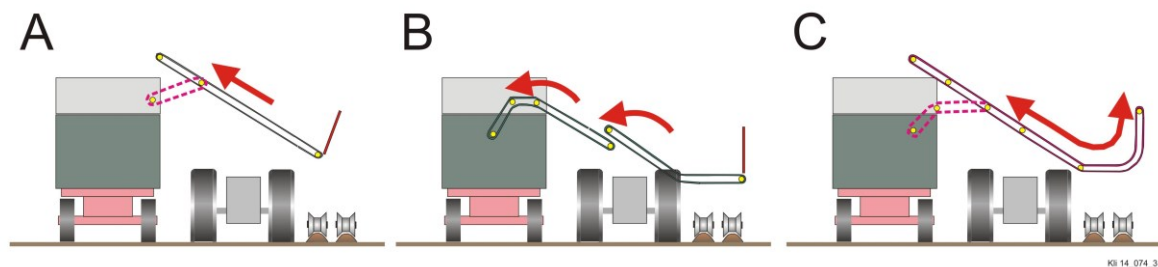
Mit dem Entleeren des Bunkers am Feldrand geht effektive Erntezeit verloren und die Ernteleistung wird aufgrund der notwendigen Rangierarbeiten negativ beeinflusst. Praxiserhebungen gehen davon aus, dass die Ernteleistung pro Tag um 10 bis 15 % gesteigert werden kann, wenn die Maschine zum Entleeren nicht rangieren oder anhalten muss.

Für das Abbunkern während des Rodens werden in der Praxis deshalb nicht nur Überladeroder, sondern auch die klassischen Bunkerroder eingesetzt. Nachteilig bei dieser Vorgehensweise ist, dass der Standardbunker während des Entleerens gleichzeitig Erntegut aufnehmen muss. Er wird folglich niemals ganz leer. Beim Vorziehen des Bunkerbodens zum Entleeren bleiben immer einige wenige Kartoffeln im hinteren Bereich des Bunkers liegen. Wird der Bunker dann im Verlauf des erneuten Befüllens weiter vorgezogen, verliert die Maschine einen geringen Teil der geernteten Ware auf der Ackerfläche. Dieser negative Begleiteffekt kann in Regionen mit starkem Frost toleriert werden. Er ist jedoch insgesamt unerwünscht.

Seit einigen Jahren gibt es deshalb Bunkerroder mit speziellen Überladebunkern, die diesen Nachteil durch Reversierbarkeit im Antrieb des Bunkerbodens ausgleichen. **Bild 5** gibt eine schematische Einordnung der technischen Entwicklungen bei Überladekonzepten für Bunkerroder. Gezeigt wird die stark vereinfachte Ansicht von hinten eines zweireihigen, seitengezogenen Bunkerrodgers bei der Ernte. Veranschaulicht wird dies durch die zwei Dammtrommeln der Erntemaschine, die rechts neben den Rädern der Erntemaschine angedeutet sind. Links daneben fährt jeweils ein abfahrendes Transportfahrzeug. Die Pfeile verweisen auf die Drehrichtung bzw. auf die Transportrichtung des Bunkerbodens beim Entleeren während der Fahrt. Bild 5 A zeigt einen einfachen Bunker, der im oberen Bereich leicht abgelenkt werden kann, so dass die Fallhöhe bei der Übergabe reduziert werden kann.

Die erste Stufe der Weiterentwicklung dieses Bunkers war eine Zweiteilung mit getrennten Antrieben für den vorderen, überladenden Teil und den hinteren, der je nach Bedarf angehalten werden konnte (Bild 5 B). So konnte der vordere Teil des Bunkers vollständig entleert werden. Nachteilig bei dieser Variante ist die zusätzliche Übergabestelle im Bunker, die gegebenenfalls zu Beschädigungen am Ernteprodukt führen kann.

Seit kurzem sind die so genannten "Nonstop Bunker" sowohl bei selbstfahrenden als auch bei gezogenen Erntemaschinen verfügbar. Bild 5 C zeigt die Besonderheit dieser neuartigen Bunker, bei denen nicht nur der Bunkerboden, sondern auch die Bunkerrückwand in den Entladeprozess mit einbezogen wird. Diese besondere Bauart erlaubt die Reversierung des Bunkerbodens, ohne dass Kartoffeln in einer Ecke des Bunkers "verklemmen" und beschädigt werden.



**Bild 5:** Schematische Darstellung von verschiedenen Bunkerkonzepten (A bis C) zur kontinuierlichen Übergabe von Kartoffeln während des Rodens auf ein nebenherfahrendes Transportfahrzeug

**Figure 5:** Schematic drawing of different bunker versions for continuous unloading of the crop during the harvesting process

Es ist zu erwarten, dass Erntemaschinen mit Nonstop Bunker aufgrund der geringeren Ansprüche an die Abfuhrlogistik zukünftig eine stärkere Verbreitung in der Praxis finden werden.

#### *Weiterentwicklungen bei Trennaggregaten in der gezogenen Erntetechnik*

In einem früheren Beitrag dieser Reihe wurde bereits auf grundsätzliche technische Unterschiede bei Trennaggregaten hingewiesen [9]. Nach wie vor gibt es am Markt Trennaggregate, die entweder nach mechanischen Prinzipien oder mit einer Trennung im Luftstrom bzw. einer Trennung im Wasserbad mit Gegenströmung (so genannte "RoWaDest"-Roder) basieren. Das Prinzip der Trennung von Kartoffeln, Kluten und Steinen im Wasserbad einer mobilen Erntemaschine konnte sich entgegen der Einschätzung einzelner Autoren [4] bisher nicht durchsetzen. Die Anzahl derartig ausgestatteter Maschinen wird in Europa auf weniger als zehn Stück geschätzt.

Den überwiegenden Teil machen Erntemaschinen mit mechanischen Trennaggregaten aus. Dabei haben Trennaggregate, die Grobkraut und Kartoffeln nach dem Prinzip eines Schrägelevators mit umlaufendem Grobkrautband (SE-Prinzip) trennen, mit Abstand die größte Verbreitung. Danach folgen aktive Walzen- und Rollentrenngeräte unterschiedlicher Bauart. Ausgehend von der Verwendung in stationärer Technik haben in den vergangenen Jahren

auch Trennaggregate an Bedeutung gewonnen, die nach dem Prinzip der Trennung im Luftstrom arbeiten. Die "AirSep"-Technologie ist derzeit insbesondere in Nordamerika mit ca. 300 Einheiten verbreitet, findet aber auch zunehmend ihren Absatz in Europa. Erstmals zeigt ein Hersteller eine zweireihige Erntemaschine als Serienmaschine für den europäischen Markt, die mit dieser Technik ausgestattet ist [7] (**Bild 6**).



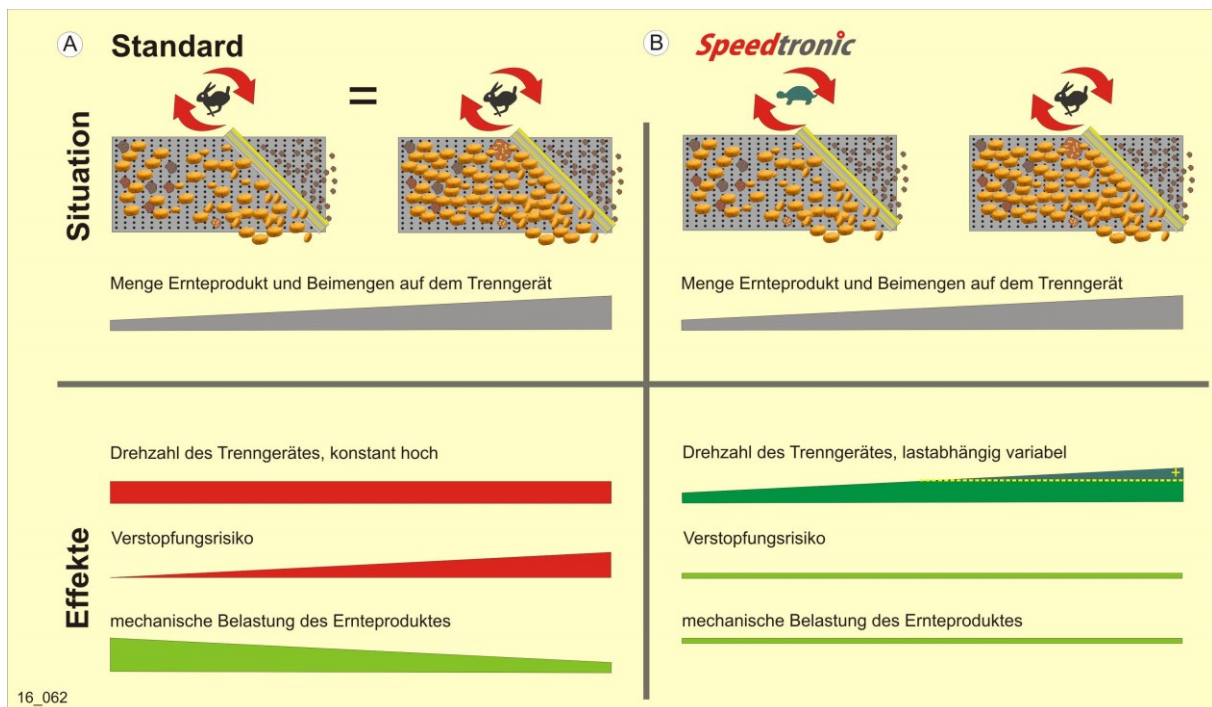
**Bild 6:** Bunkerroder mit "AirSep"-Trennaggregat nach dem Prinzip der Trennung im Luftstrom [7]

**Figure 6:** Two-row bunker harvester with an "AirSep" Separator [7]

Klassische, mechanische Trenngeräte mit umlaufenden Igelbändern und darüber liegenden Ableitwalzen wurden ebenfalls weiterentwickelt. Einzelne Hersteller bieten eine hydroelektronische Regelungstechnik an, mit der die Drehzahl der Trennaggregate lastabhängig geregelt wird [7]. Bisher werden in der Praxis aus Angst vor Verstopfungen viele Trennaggregate von den Fahrern mit zu hoher Drehzahl betrieben. Damit verbunden ist eine Beschleunigung der Kartoffeln auf dem Igelband, die unter Umständen zu wertmindernden Stoßbelastungen an der Abstreifwalze führen kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn nur wenige Kartoffeln auf dem Trenngerät gefördert werden.

Die Neuentwicklung (so genannte "Speedtronic") nutzt diesen Zusammenhang und erfasst den Belastungszustand des Trennaggregates. Bei geringem Füllgrad des Trenngerätes wird die Drehzahl reduziert, so dass die Kartoffeln mit deutlich reduzierter Geschwindigkeit auf die Ableitwalzen treffen (**Bild 7**). Mit zunehmender Last werden die Drehzahlen im Trenngerät automatisch erhöht. Damit werden die Förder- und die Reinigungsleistung gesteigert und das Risiko von Verstopfungen vermieden. Aufgrund des höheren Füllgrades treffen die Kartoffeln vor der Abstreifwalze vermehrt auf andere Kartoffeln und nicht unmittelbar auf die Walze, so dass die Produktschonung insgesamt gefördert wird. In Bild 7 werden die Effekte ohne (A) bzw. mit elektronischer Drehzahlregelung (B) schematisch gegenübergestellt.





**Bild 7:** Schematische Darstellung der Zusammenhänge von Drehzahl und potentiellen Knollenbeschädigungen in einem Trenngerät bei variierendem Füllgrad ohne Regelung (A) bzw. mit elektronischer Drehzahlregelung (B)

**Figure 7:** Relationship of speed, risk of blockages and risk of damaged crop in a conventional separating device, without (A) and with an electronic speed control (B)

#### *Weiterentwicklungen bei selbstfahrender Erntetechnik*

Erste selbstfahrende Kartoffelerntemaschinen wurden bereits Ende der 30er Jahre erprobt [11]. Eine konsequente Weiterentwicklung von gezogener zu selbstfahrender Erntetechnik im Sinne einer Serienfertigung fand jedoch erst ab den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts statt.

Derzeit haben die ursprünglich entwickelten einreihigen, selbstfahrenden Erntemaschinen weder national noch international Bedeutung. Zweireihige Selbstfahrer sind nach wie vor verbreitet. Daneben gibt es zahlreiche Weiterentwicklungen der Hersteller, die sich vor allem auf vierreihige Erntemaschinen beziehen. Erstmals wurde eine Maschine vorgestellt, bei der das "SE-Prinzip" (Schrägelevator mit umlaufendem Grobkrautband) von einer zweireihigen auf eine selbstfahrende, vierreihige Erntemaschine übertragen wurde. Die besondere konstruktive Herausforderung lag dabei in der technischen Umsetzung unter Berücksichtigung der europäischen Straßenzulassungsordnung [12]. Dazu werden die Trenngeräte für die Straßenfahrt ein- und während der Rodearbeiten auf dem Feld ausgeklappt (**Bild 8**).





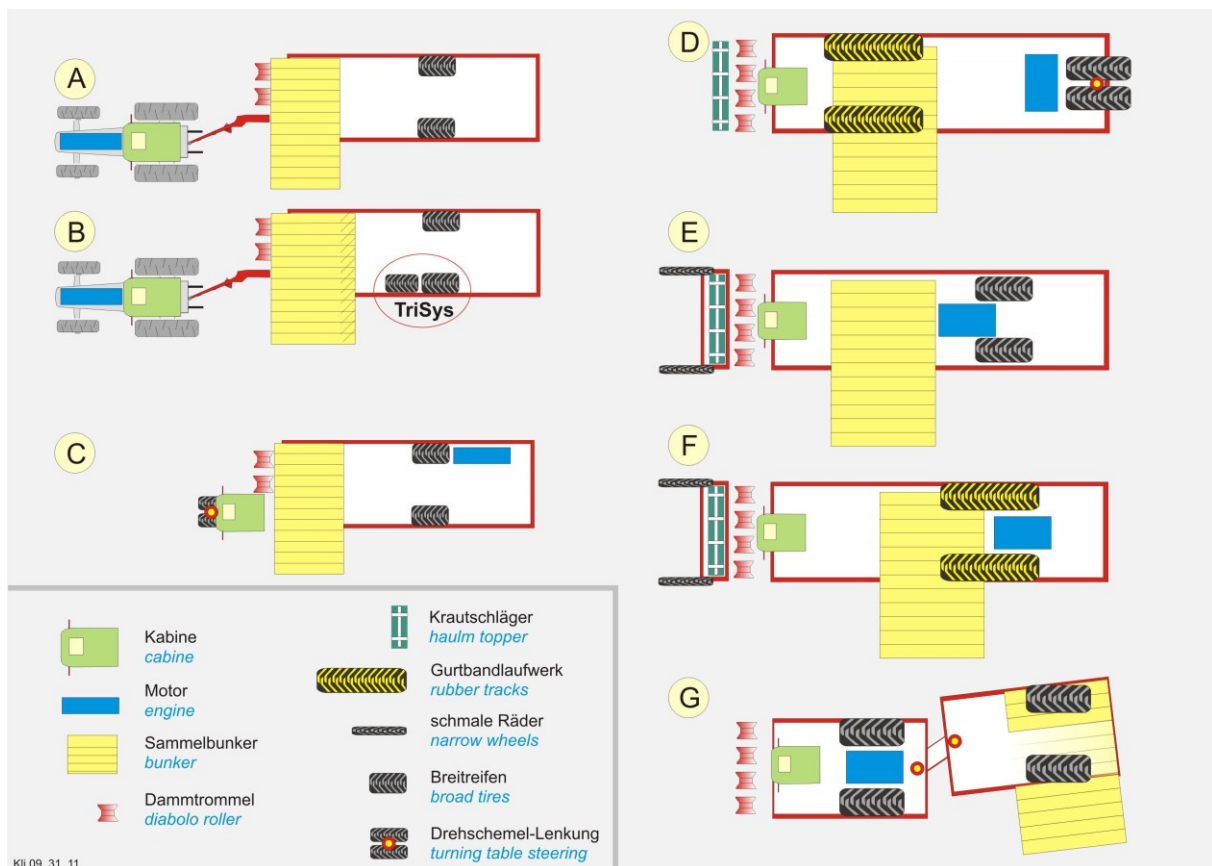
**Bild 8:** Selbstfahrende, vierreihige Erntemaschine mit Grobkrauttrennung nach dem "SE-Prinzip" [7]  
**Figure 8:** Self-propelled 4-row harvester with a deviner-web based on "SE-Principle" [7]

#### *Einordnung der Maschinenkonzepte für selbstfahrende Erntetechnik*

Werden die Maschinenkonzepte für die mechanisierte Ernte von Kartoffeln im internationalen Vergleich gegenübergestellt, so ergeben sich unterschiedliche Entwicklungen. In Nordamerika kommt aktuell vor allem breite, vier- bis sechsstreihige gezogene Erntetechnik zum Einsatz. Diese Technik kann in Westeuropa aufgrund der geltenden Straßenverkehrsordnung nicht verwendet werden. Stattdessen haben hierzulande selbstfahrende Erntemaschinen eine stetig wachsende Bedeutung, wobei ein Trend zu vierreihigen Maschinen erkennbar wird. Eine Ursache für diese unterschiedliche Entwicklung liegt an dem Bedarf für wendige Spezialmaschinen mit Straßenzulassung.

**Bild 9** gibt einen stark vereinfachten Überblick über die Entwicklung der Fahrwerk- und Maschinenkonzepte für den europäischen Markt. Ausgehend von einem gezogenen, zweistreihigen Bunkerroder (Bild 9 A und 9 B) wird veranschaulicht, dass die Bunkerkapazitäten von bisher 5 - 6 t auf inzwischen 7 - 9 t zugenommen haben. Damit verbunden sind neue dreirädrige Fahrwerkskonzepte (vgl. auch Bild 3).

Bereits um 1970 wurden die ersten zweistreihigen Erntemaschinen zu Selbstfahrern umgebaut. Dazu wurden die Komponenten Motor (blau) und Kabine (grün) vom Traktor auf die Erntemaschine verlagert und die Lenkung von der klassischen Achsschenkellenkung (beim Traktor) auf die extrem wendige Drehschemel-Lenkung beim Selbstfahrer umgestellt. Die übrigen Komponenten wie Bunker, Trenngeräte etc. wurden zunächst weitestgehend von der gezogenen Erntetechnik übernommen (Bild 9 C). Mit der Einführung neuer Trennaggregate und größerer Arbeitsbreiten wurden die bekannten Maschinenkonzepte vollständig überarbeitet. Sie führten zu selbstfahrenden, vierreihigen Erntemaschinen mit sehr bodenschonenden Gurtbandlaufwerken vorn und Drehschemellenkung hinten (Bild 9 D), die erstmals auch das "Roden aus der Gare" ermöglichten. Nachteilig bei den Maschinenkonzepten mit Gurtbandlaufwerk sind die vergleichsweise hohen Investitions- und Wartungskosten.



**Bild 9:** Stark vereinfachte Darstellung der Entwicklung von Rode- und Fahrwerkskonzepten für gezoogene und selbstfahrende Kartoffelerntemaschinen

**Figure 9:** Simplified drawing of the development of digging- and chassis concepts for trailed and self-propelled potato harvesters

In den vergangenen Jahren (ca. ab 2001) wurden von den Herstellern zwei Fahrwerkskonzepte parallel weiterentwickelt. Zum einen das Konzept der Gurtbandlaufwerke vorn mit einem vorgelagerten Aggregat für das Krautschlagen und Roden aus der Gare. Zum anderen Rodeaggregate, die vorne durch zwei schmale Räder abgestützt werden (Bild 9 E und 9 F). Diese Räder rollen zwischen den ungeernteten Kartoffeldämmen ab und können diese unter Umständen beschädigen. Außerdem erschweren sie das Anroden einer neuen Fläche. Um die Last des Bunkers bodenschonend zu verteilen, werden im Heck entweder Gurtbandlaufwerke oder Niederdruck-Breitreifen eingesetzt. Mehrheitlich werden derzeit vierreihige Selbstfahrer eingesetzt, die vorne durch zwei schmale Räder abgestützt werden. Eventuelle Beschädigungen am Damm / an den Kartoffelknollen werden dabei toleriert.

Durch die Steigerung der zulässigen Radlasten moderner Niederdruck-Breitreifen werden diese wieder zunehmend für den Einsatz bei selbstfahrenden Erntemaschinen diskutiert. Als jüngste Entwicklung zeigt Bild 9 G eine Maschine, die die Vorteile des Rodens aus der Gare mit den Vorteilen eines Reifen-Fahrwerks kombiniert. Die besondere Konstruktion ermöglicht den Betrieb im "Hundegang" mit seitlich versetztem Heck, so dass beim Roden eine nahezu vollständige Überrollung der gesamten Fläche stattfindet (vgl. Bild 8).

### *Weiterentwicklungen bei der Logistik der Kartoffelernte*

Um die Ernteleistung weiter zu erhöhen, werden neben leistungsfähigen Erntemaschinen auch Überladewagen zwischen der Erntemaschine und dem Straßentransportfahrzeug eingesetzt. Während in Nordamerika Lastkraftwagen (LKW) für den Transport vom Feld zum Lager bzw. vom Feld zur verarbeitenden Industrie üblich sind, ist diese Vorgehensweise in Europa bisher sehr beschränkt. Dennoch bieten einzelne Hersteller Überladewagen mit Entladebändern vorn oder hinten an, die ein Überladen auf einen LKW ermöglichen. **Bild 10** zeigt exemplarisch einen solchen Überladewagen mit Entladeband vorn.



**Bild 10:** Überladewagen mit Tandemachse und frontseitigem Überladeelevators [7]

**Figure 10:** Transfer trailer with tandem axle and unloading elevator in front [7]

Neben der guten Übersicht bieten diese Fahrzeuge die Möglichkeit einer zusätzlichen Absiebung von Erde während des Überladevorganges. Resultierende Vorteile bestehen darin, dass wertvoller Ackerboden auf der Fläche bleibt und nicht unnötig Fracht- und Transportkapazität belastet. Das Ernteprodukt wird nachträglich gereinigt, ohne dass Resterde von einer Fläche zur nächsten verschleppt wird, und somit wird die weitere industrielle Verarbeitung erleichtert.

Eine technische Alternative stellen quasi-stationäre Annahme-Schüttbunker mit nachfolgender Kartoffelaufbereitung dar. Moderne Anlagen sind inzwischen mit eigenem Stromaggregat ausgerüstet, so dass alle nötigen Maschinenkomponenten aufeinander abgestimmt sind. Der zusätzliche Transport eines Stromaggregates entfällt, so dass auch die Auf- und Abbauezeiten auf weniger als 10 Minuten reduziert werden können. **Bild 11** zeigt exemplarisch eine derartig konzipierte Anlage.





**Bild 11:** Mobile Feldverladestation mit integrierter Reinigung und Aufbereitung für Kartoffeln [7]

**Figure 11:** Fieldloader with integrated cleaning and sorting for potatoes [7]

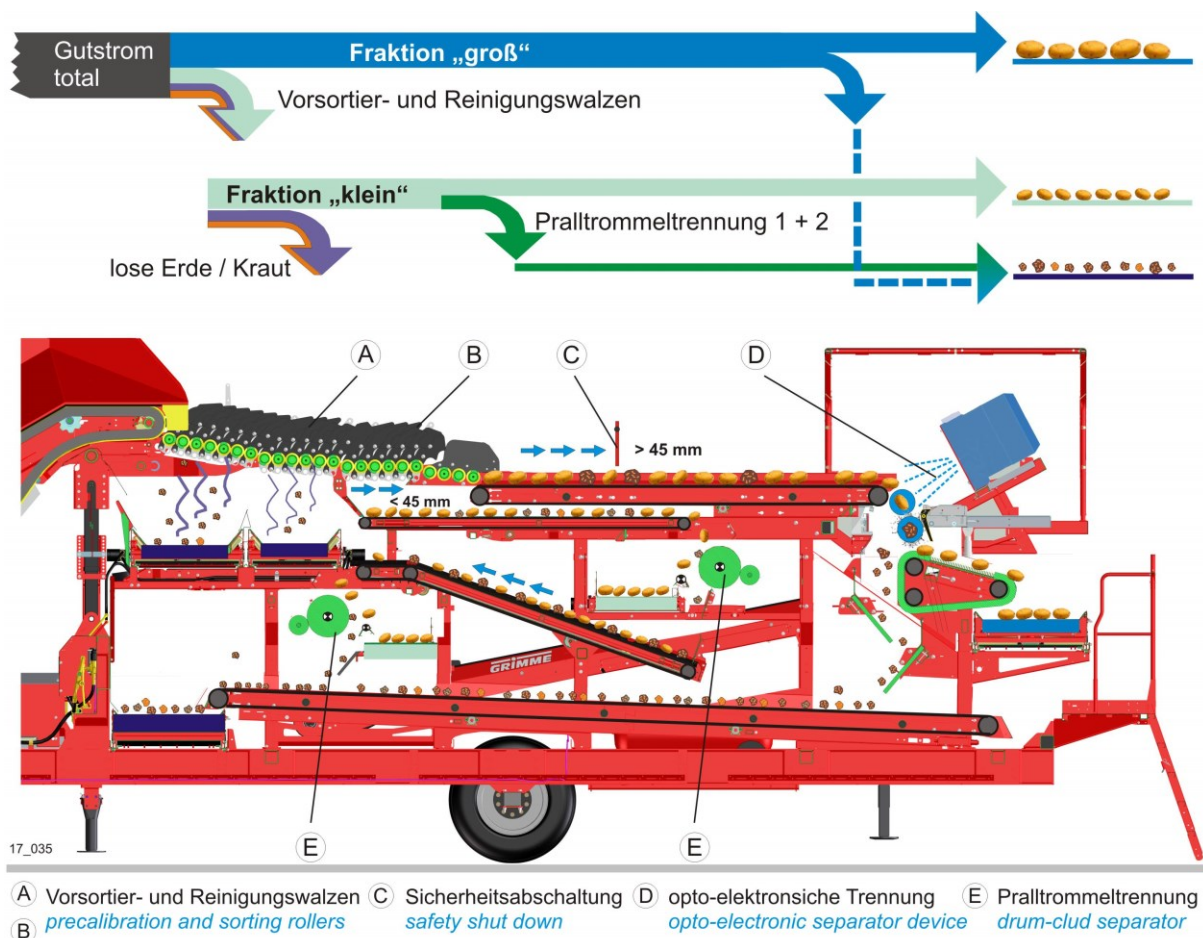
#### *Weiterentwicklungen Einlagerungstechnik*

Die Weiterentwicklungen bei Erntemaschinen für Kartoffeln führten dazu, dass die Ernte- und Transportleistung in den letzten Jahren deutlich gesteigert wurde. Um diesen veränderten Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen, gab es zahlreiche technische Ansätze. Einerseits wurden die Schüttbunker für die Einlagerungslinie vergrößert oder durch so genannte Vorschalt-Pufferbunker im Volumen deutlich erweitert [7]. Andererseits wurde auch die nachfolgende Technik der Rohstoffaufbereitung, -reinigung und -einlagerung weiterentwickelt. **Bild 12** zeigt dazu eine aktuelle Entwicklung, bei der eine mechanische und eine optoelektronische Trenneinrichtung (FPS) in einer Maschine kombiniert werden. Die so realisierte Lösung ermöglicht eine Aufbereitung von mehr als 80 t Kartoffeln pro Stunde bei verbesserter Produktqualität und reduziertem Personalaufwand [7; 13].

Bei der vorgestellten Maschine wird die angelieferte Rohware zunächst auf einem konventionellen Walzentisch (Bild 12 A und B) vorbereitet. Dabei werden lose Erde und restliches Kraut abgetrennt. Mit der Änderung des Walzenabstandes kann die Rohware zudem in verschiedene Fraktionen vorsortiert werden. Die farbliche Darstellung im oberen Bereich von Bild 12 zeigt die Aufteilung des gesamten Gutstroms (schwarz) in eine "große" Fraktion > 45 mm (blau) und eine "kleine" Fraktion < 45 mm (grün). Der so differenzierte Produktstrom wird in der Folge auf unterschiedliche Weise weiter aufbereitet und von Beimengen getrennt.

Die kleine Fraktion < 45 mm durchläuft in einem zweistufigen Prozess eine Pralltrommeltrennung (Bild 12 E, ebenfalls grün), wobei kleinere Kluten von den Kartoffeln getrennt werden.

Störende Beimengen in der Fraktion > 45 mm werden opto-elektronisch erfasst (Bild 12 D) und Kluten werden mechanisch zerschlagen. Große Fremdkörper lösen eine Sicherung (Bild 12 C) aus, so dass die nachfolgende Sensorik nicht gefährdet wird.



**Bild 12:** Schematische Darstellung einer Maschine zur Aufbereitung von Kartoffeln bei der Einlagerung, einschließlich mechanischer und opto-mechanischer Trenneinrichtungen  
**Figure 12:** Schematic drawing of a modern combi-receiving-hopper for potatoes, including mechanical and opto-mechanical separators.

## Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel fasst die Entwicklungen in der Kartoffeltechnik an ausgewählten Beispielen der Produktionskette vom Legen des Pflanzgutes im Frühjahr bis zur Einlagerung der Ernteprodukte im Herbst zusammen. Bei der Frühjahrstechnik wird eine vergleichende Einordnung neuer Verfahren der Düngemittelapplikation vorgenommen. Für die Ernte von Kartoffeln werden etablierte und neue Ernteverfahren gegenübergestellt und dabei neue Trenngeräte und Maschinenkonzepte bei der selbstfahrenden Erntetechnik vorgestellt. Weiterhin wird auf die wachsende Bedeutung des Themas "Feldhygiene" unter Berücksichtigung von anhaftender Erde eingegangen. Dazu werden Transportfahrzeuge und Feldverladestationen vorgestellt, mit deren Hilfe eine zusätzliche Erdbereinigung unmittelbar auf der Anbaufläche realisiert werden kann. Zum Abschluss wird ein neues Maschinenkonzept für die Aufbereitung von Kartoffeln vorgestellt, bei dem zum Zwecke der Leistungssteigerung mechanische und opto-elektronische Trennmechanismen effektiv kombiniert werden.

## **Literatur**

- [1] FAO: Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAOSTAT. URL – <http://www.fao.org/faostat/en/>, 2017.
- [2] Block, E.: Höhere Düngeeffizienz im Kartoffelbau. In: Tagungsband zur Tagung Land.Technik für Profis, 27./28. Feb. 2018 in Damme. VDI/MEG - im Druck -.
- [3] Standen: Presseinformation zu "side ridge injection", URL – [www.standen.co.uk](http://www.standen.co.uk), 2015.
- [4] Nitsch, A.: Kartoffelanbau: Was hat sich in den letzten 40 Jahren geändert? In: Kartoffelbau, Heft 11/2017, S. 38-44.
- [5] Peters, R.: Besucher der PotatoEurope 2017 trotzen dem Wetter. In: Kartoffelbau, Heft 11/2017, S. 45-47.
- [6] Peters, R.: Technik und Pflanzenbau rücken enger zusammen. In: Kartoffelbau, Heft 11/2017, S. 8-11.
- [7] GRIMME: Pressemitteilungen zur Agritechnica 2017.
- [8] ROPA: Pressemitteilungen zur Agritechnica 2017.
- [9] Klindtworth, M. und Sonnen, J.: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, L. (Hrsg.) Jahrbuch Agrartechnik 2013, Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014 S. 164-171.
- [10] Sonnen, J. und Klindtworth, M.: Assistenzsysteme in der Kartoffelproduktion. In: Kartoffelbau, Heft 1&2/2014, S. 52-55.
- [11] Niemann, M.: Ernst Burgwedel - Ein Pionier der landwirtschaftlichen Mechanisierung. In: Der Goldene Pflug. Zeitschrift des deutschen Landwirtschaftsmuseums der Universität Hohenheim. Ausgabe 38 (2016), S. 4-11.
- [12] Stapel, D.-J.: 4-row potato harvester based on a mirrored product flow concept. In: Proceedings of LAND. TECHNIK AgEng 2017, S. 505-512, ISBN 978-3-18-092300-0, VDI-Verlag, Düsseldorf 2017.
- [13] TOMRA: Produktinformationen zu Sortierlösungen. URL – [www.tomra.com](http://www.tomra.com), 2015.

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Klindtworth, Michael: Kartoffeltechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-15

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151538>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/kartoffeltechnik.html>

## **Technik in der Schweinehaltung**

Prof. Dr. Thomas Jungbluth  
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim

### **Kurzfassung**

Die Forschungstätigkeit in der Schweinehaltung fokussiert sich auf Tierschutz bzw. Tierwohl. Dazu sind neue Haltungssysteme notwendig. Entwicklungen im Bereich des Precision Livestock Farmings betreffen Technologien zum Tier- und Gesundheitsmonitoring. Hierzu sind die RFID-Technik, Sensoren, Aktoren und Rechenalgorithmen zu verbessern. Die derzeit vernachlässigte Umweltforschung wird zukünftig wieder an Bedeutung gewinnen.

### **Schlüsselwörter**

Schweinehaltung, Precision Livestock Farming, Tierschutz, Tierwohl, Emissionen

## **Machinery and Techniques for Pig Husbandry**

Prof. Dr. Thomas Jungbluth  
Institute of Agricultural Engineering, University of Hohenheim

### **Abstract**

Research in pig husbandry focuses on animal welfare. Therefore, new housing systems are necessary. New technical developments in Precision Livestock Farming apply to animal and health monitoring; RFID-technology, sensors, actuators and algorithms are to be improved here. Research on environmental impacts of pig housing has been neglected in the recent years, but will gain importance again very soon.

### **Keywords**

Pig Husbandry, Precision Livestock Farming, animal welfare, emissions

## Einführung

Die technischen Entwicklungen in der Schweinehaltung waren in den letzten Jahren überwiegend von Innovationen zum Elektroneinsatz im Sinne des Precision Livestock Farming bzw. Precision Pig Farming geprägt. Zunehmend gewinnt aber auch die „klassische“ Forschung zu Haltungsvorfahren wieder an Bedeutung. Diese Entwicklung wird vordergründig von neuen und zusätzlichen gesetzlichen Anforderungen zum Tierschutz/Tierwohl (Verbot der Kastration ohne Schmerzausschaltung, Verbot des Kupierens der Schwänze, de facto Verbot von Kastenständen in der derzeitigen Form im Deckzentrum) getrieben. Schweinehalter sehen darüber hinaus höhere Marktchancen, wenn sie für das Premiumsegment (z.B. Biofleisch, Tierschutzlabel, Initiative Tierwohl) produzieren. Mit zunehmendem Augenmerk auf Tierschutz und Tierwohl erfuhren die Anforderungen des Umweltschutzes in Form von gasförmigen Emissionen und Nährstoffausträgen über tierische Exkremente zu wenig Beachtung. Da Deutschland die Emissionsminderungsziele der EU nicht erreicht hat, sind hier zukünftig wieder Akzente zu setzen.

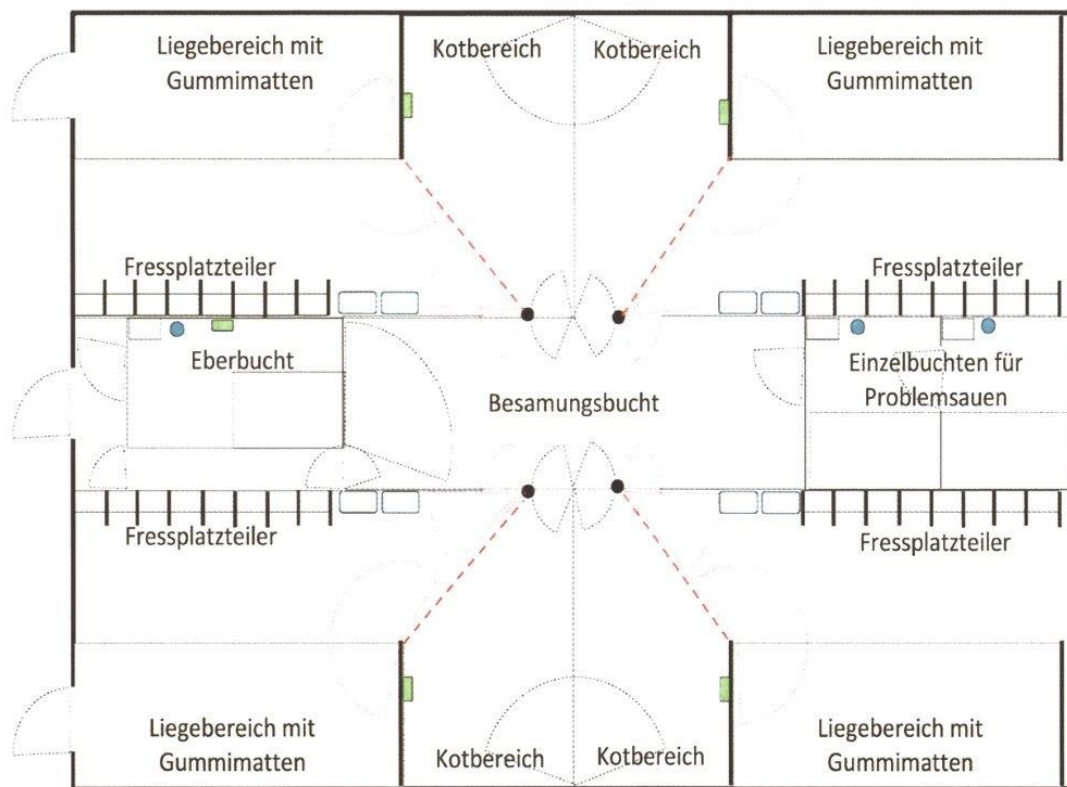
## Haltungsverfahren für die Ferkelerzeugung

Die Entwicklung in der Sauenhaltung ist durch intensive Bemühungen, den Tierschutz zu verbessern, geprägt. Hierzu sind insbesondere Änderungen im Deckstall erforderlich. Darüber hinaus werden zukünftig Neuerungen im Abferkelbereich notwendig sein.

Durch das sogenannte Magdeburger Urteil ist die Kastenstandhaltung in der derzeitigen Form de facto verboten. Als Konsequenz bietet sich eine Verbreiterung der Kastenstände an, was aber überwiegend kritisch gesehen wird, da sich die Sauen in den breiten Kastenständen umdrehen können [1 bis 3]. Derzeit bemühen sich verschiedene Arbeitsgruppen adäquate Haltungsverfahren für den Deckstall zu entwickeln (siehe auch **Bild 1**). Erste Ergebnisse zeigen, dass die Gruppenhaltung im Deckzentrum mit temporärer Einzelhaltung zum Zeitpunkt des Besamens, wie sie von einigen Betrieben bereits praktiziert wird, eine gangbare Lösung darstellt. Die maximale Aufenthaltsdauer der Sau im Kastenstand ist derzeit Gegenstand sowohl der wissenschaftlichen als auch der politischen Diskussion. Die Gruppenbesamung der ständig frei beweglichen Sauen ist denkbar, aber bezüglich der Arbeitswirtschaft und des Arbeitsschutzes sowie der Konzeptionsrate äußerst herausfordernd [4 bis 5]. Es wird außerdem von Minderleistungen berichtet [5].

Unabhängig davon, welche Anpassungsstrategie gewählt wird, sind Auswirkungen auf den Grundriss der Stallabteile und damit auf das Gebäude unausweichlich. Sie sind je nach Produktionsrhythmus sehr komplex und führen in der Regel entweder zu einem Bestandabbau oder zu Baumaßnahmen, soll die Tierzahl bei dem höheren Flächenanspruch beibehalten werden. Diese verursachen hohe Kosten sowie Risiken, insbesondere im Zusammenhang mit einem immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren [6].





**Bild 1:** Möglicher Grundriss eines Deckstalles für das Gruppenbesamen [4].

**Figure 1:** Possible layout of the service area for group insemination [4].

Gummimatten im Liege- und Laufbereich von tragenden Sauen (eventuell auch im Deckzentrum) kommen zu einem gewissen Abschluss. Es werden teilweise Vorteile in der Klauengesundheit gesehen, jedoch keine positiven Effekte bei der Gangweise [7 bis 8]. Es bleibt abzuwarten, ob dieses Thema weiterverfolgt werden kann, da die Haltbarkeit der Gummimatten über einen längeren Zeitraum noch nicht sichergestellt werden kann.

Es ist zu erwarten, dass die Fixierung der Sauen im Kastenstand auch im Abferkelbereich verboten werden wird. Schon seit einigen Jahren wird mit neuen Konzepten bei Abferkelbuchten experimentiert, deren Funktion unterschiedlich bewertet wird [9]. Die noch beobachteten höheren Ferkelverluste, insbesondere durch Erdrücken, deuten auf die Notwendigkeit weiterer Verbesserungen hin [10]. Trotz des teilweise gesehenen Entwicklungsbedarfs kommen Buchten für das freie Abferkeln in der Praxis bereits zunehmend zum Einsatz. Das vor Jahren bereits diskutierte Gruppensäugen, hier ab einem Alter der Ferkel von zwölf Tagen, bedarf ebenfalls noch der Weiterentwicklung, da Verbesserungen im Tierverhalten mit einer niedrigeren Ferkelzahl erkaufte wurden [11].

### Haltungsverfahren für die Ferkelaufzucht und die Schweinemast

Auch in der Ferkelaufzucht und der Schweinemast ist die Weiterentwicklung von Haltungsverfahren vornehmlich mit dem Ziel verbunden, die Haltungsumwelt für die Tiere zu verbes-

sern. Hier wird im Wesentlichen an der erfolgreichen Strukturierung der Buchten gearbeitet. Die Untersuchungen haben gemeinsam, dass derzeit nur erste Ergebnisse vorliegen [12] oder es sich um Fallstudien handelt [13]. Offenbar hat die Gruppengröße nur einen untergeordneten Einfluss auf Tierschutzindikatoren; sie werden vielmehr vom Fütterungssystem und dem Körpergewicht beeinflusst [14].

Mit Gummimatten belegte Liegeflächen bei Mastschweinen können zwar positiv für die Tiere sein, die Funktionalität kann aber noch nicht sichergestellt werden [15 bis 16].

Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung der Tiergerechtigkeit ist die Beschäftigungstechnik. Eine umfassende Analyse bietet das KTBL [17]. Neuartige Wühltröge können die Zeitdauer für die Futteraufnahme erhöhen und führen zudem zu höheren Zunahmen; der Einfluss auf die Bonitur von Verletzungen und Verschmutzungen war nicht eindeutig [18].

Bedingt durch das Kastrationsverbot wird auch die Ebermast diskutiert. Während die Frage des geeigneten Haltungssystems für die Ebermast bereits untersucht wurde, war die geeignete Fütterungstechnik noch offen. Es zeigt sich, dass die untersuchten Techniken sich für Eber, Kastraten und weibliche Masttiere unterschiedlich eignen [19].

Sinnvolle Voraussetzung zur Anpassung der Haltungstechnik an die Bedürfnisse der Tiere sind verhaltensbiologische und physiologische Grundlagenuntersuchungen. Hier ergeben sich mit einem neueren Methodenrepertoire neue Forschungsfelder [siehe z. B. 20]. Zukünftige Forschung wird sich nicht nur mit dem Verhalten, dem Einhalten von Mindestparametern für den Tierschutz beschäftigen müssen, sondern auch den emotionalen Status berücksichtigen [21].

## **Precision Livestock Farming und Monitoringsysteme**

Seit einigen Jahren wird versucht, Monitoringsysteme zu entwickeln und zu etablieren, die auf der Basis automatisch erfassbarer Indikatoren Managementhilfen geben. Derzeit gibt es noch keine wirklich stabilen praxisreifen Systeme. Dies ist in zum einen auf die hohe Intervariabilität zwischen den Individuen einer Herde und zum anderen auf die hohe Intravariabilität des Einzeltieres zurückzuführen. Zu- und Abgänge von Tieren in dynamischen Gruppen verstärken diese Effekte zusätzlich. Darüber hinaus bedarf es der Entwicklung von Sensoren, Ortungssystemen und als Grundlage verbesserte RFID Technologie. Monitoringsysteme für die Bewertung der Tiergerechtigkeit und/oder Tiergesundheit sowie zu Dokumentationszwecken erhalten Bedeutung durch §11(8) des Tierschutzgesetzes [22]: „Wer Nutztiere zu Erwerbszwecken hält, hat durch betriebliche Eigenkontrollen sicherzustellen, dass die Anforderungen des § 2 eingehalten werden. Insbesondere hat er zum Zwecke seiner Beurteilung, dass die Anforderungen des § 2 erfüllt sind, geeignete tierbezogene Merkmale (Tierschutzindikatoren) zu erheben und zu bewerten.“ Die hierfür zu erfassenden Indikatoren und deren Zahl sind Diskussions- und Forschungsgegenstand: Wie groß muss die Anzahl an Indikatoren mindestens sein, um eine klare Aussage zu erreichen und wieviel Indikatoren dürfen es höchstens sein, um das System noch adäquat beherrschen zu können?

Zur Dokumentation nach §11(8) TschG liegen nun Vorschläge vor. Am weitesten ausgearbeitet ist das System der Arbeitsgruppe des KTBL [23]. Aufbauend auf diesen Ergebnissen

sind Leitfäden für alle Tierarten, entsprechend auch Schweinen, erarbeitet worden [24]. Diese Monitoringsysteme müssen in einem nächsten Schritt evaluiert werden [25] und später für elektronische Techniken übersetzt werden [26 bis 27].

Für das etablierte Animal Welfare Protocol befassen sich wissenschaftliche Arbeiten bereits mit der Validierung der Indikatoren und der Automatisierung des Systems [wie z.B. in 28 bis 29]. Die Datengewinnung für Monitoringsysteme sowie zur Tierortung stellen derzeit einen Schwerpunkt der Forschung dar. Ziel ist dabei die Lokalisierung von Tieren [siehe z.B. 30 bis 31] sowie die Detektion verschiedener Verhaltensweisen [wie z.B. 31 bis 35].

Um Monitoringsysteme auch für die Ferkelaufzucht und Mastschweinehaltung einzuführen, ist eine schnelle Erkennung der Tiere in Gruppen erforderlich. Dies führte zur Weiterentwicklung von UHF-Transpondern für Mastschweine, deren Funktionsfähigkeit im Grundsatz nachgewiesen werden konnte [36 bis 37]. Allerdings ist derzeit bei Mastschweinen noch nicht von einem positiven Kosten-Nutzen-Verhältnis auszugehen [38].

## **Umweltwirkungen**

Die Forschung zu Umweltwirkungen von Schweineställen wurde über viele Jahre vernachlässigt. Nun wird offensichtlich, dass besonders tierfreundliche Haltungsverfahren durch ein höheres Flächenangebot sowie ggfs. Ausläufe gekennzeichnet sind. Dies führt in der Regel zu höheren Emissionen und/oder einem anderen Ausbreitungsverhalten. Hieraus entsteht ein Zielkonflikt zwischen Tier- und Umweltschutz [39]. Darüber hinaus sind die in Genehmigungsverfahren verwendeten Emissionsfaktoren zu überprüfen bzw. für neue Haltungsverfahren sogar erst noch zu ermitteln. Diese Kenntnislücken werden in den nächsten Jahren mit groß angelegten, vom KTBL koordinierten Projekten und unter Beteiligung mehrerer Forschungseinrichtungen geschlossen [40] und es ist zukünftig mit der Publikation umfangreicher Forschungsergebnisse zu rechnen.

Abluftreinigungsanlagen werden konsequent weiterentwickelt, um die Wirkung und Leistung zu erhöhen und die Kosten zu senken [41 bis 42].

## **Literatur**

- [1] Hoy, S.: Freilauf im Deckstall? Schweinezucht und Schweinemast (2016) 6, S. 44-47
- [2] Hoy, S.: Breite von Besamungsständen aus anatomischer und ethologischer Sicht. Nutztierpraxis 55 (2016), S. 8-13
- [3] Hoy, S.: Kastenstandurteil? Auf Gruppenhaltung setzen. DLG-Mitteilungen (2017) 3, S. 103
- [4] Görtz, E.M.; Unangst, B. und Schrade, H.: Erprobung und Bewertung neuer Haltungsverfahren mit Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum. 13. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017

- [5] Scholz, J.-T.; Schulte-Sutrum, R.: Vergleich von drei Belegmanagementsystemen bei Zuchtsauen zur Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Kastenstand unter Berücksichtigung von Produktionsleistungen, Arbeitssicherheit und Tierschutz. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [6] Meyer-Hamme, S.; Fritzsche, S. und Hartmann, W.: Folgenabschätzung zur Anpassung der Haltung von Sauen im Deckzentrum. *Landtechnik* 72 (2017) 5, S. 225-246
  - [7] Jais, C.; Oppermann, P.; Schwanfelder, J.; Abriel, M.: Wirkung perforierter Gummimatten im Liege- und Laufbereich von tragenden Sauen auf die Klauen und Gelenke, *Landtechnik* 71 (2016) 6, S. 210-220
  - [8] Jais, C.; Oppermann, P.; Schwanfelder, J.: Wirkung perforierter Gummimatten im Liege- und Laufbereich von tragenden Sauen auf die Klauen und die Gelenke. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [9] Schneider, F. und Jais, C.: Säugende Sauen in Bewegungsbuchten: Ergebnisse zum Buchtendesign und zu den Ferkelverlusten. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [10] Hickl, E.; Meyer, R.; Horstmann, H.; Brede, W.; Quanz, G. und Hoy, S.: Ergebnisse zu freien Abferkelbuchten. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [11] Stumpenhorst, A.-K.; Ebertz, P.; Austermann, F.; Schulte-Sutrum, R. und Büscher, W.: Ein Vergleich zwischen Gruppensäugen und Einzelhaltung – Verhalten, Leistungen und Gesundheit von Sauen und Ferkeln. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [12] Fels, M.; Lühje, F.; Bill, J.; Aleali, K. und Kemper, N.: Erhöhte Ebene für Aufzuchtferkel – eine Methode zur Strukturierung und Anreicherung der Haltungsumwelt. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [13] Teepker, J. G.; Halewat, H. und Hessel, E.: Aktivstall für eine tiergerechtere Mastschweinehaltung: Frequentierung von strukturierten Räumen. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [14] Meyer-Hamme, S.; Lambertz, C.; Gauly, M.: Does group size have an impact on welfare indicators in fattening pigs? *Animal* 10 (2016) 1, 142-149
  - [15] Weber, R.; Falke, A.; Friedli, K.; Gygax, L.; Sidler, X. und Wechsler, B.: Auswirkungen gummierter Liegeflächen bei Mastschweinen. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
  - [16] Weber, R.; Falke, A.; Friedli, K.; Gygax, L.; Sidler, X. und Wechsler, B.: Gummimatten für Mastschweine. *Agroscope Transfer* 189, Ettenhausen 2017
  - [17] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (Hrsg.): Beschäftigungsmöglichkeiten für Schweine, KTBL-Heft 112, Darmstadt 2016
-

- [18] Henken, M; Elkmann, A. und Hessel, E.: Der Wühltrog – Erprobung und Bewertung eines innovativen Futtertroges im Vergleich zu konventionellen Breifutterautomaten. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [19] Meyer, E.: Ansprüche von Mastschweinen an die Konstruktion von Rohrbreiautomaten in Abhängigkeit vom Geschlecht. Landtechnik 71 (2016) 5, S. 159-167
- [20] Hoffmann, G.; Bendke, A.; Schmidt, M., Ammon, C.; Manteuffel, C. und Schön, P. C.: Postpartum changes in the lying behaviour of sows in farrowing crates. J. of veterinary behavior 18 (2017), S. 43-48
- [21] Stracke, J.; Otten, W.; Tuchscherer, A.; Puppe, B. und Düpjan, S.: Serotonin depletion induces pessimistic-like behavior in a cognitive bias paradigm in pigs. Physiology and Behavior 17 (2017), S. 18-26
- [22] TierSchG (2016): Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 87 des Gesetzes vom 18. Juli 2016 (BGBl. I S. 1666) geändert worden ist. URL – <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/> – Zugriff am: 31.12.2017.
- [23] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (Hrsg.): Tierschutzindikatoren: Vorschläge für die betriebliche Eigenkontrolle, KTBL-Schrift 507, Darmstadt 2015
- [24] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (Hrsg.): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein, Darmstadt 2016
- [25] Ordemann, S.; Halewat, H. und Hessel, E.: Betriebliche Eigenkontrolle in der Mast-schweinehaltung – Bewertung der Durchführbarkeit anhand der Vorschläge aus der KTBL-Schrift 507. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [26] Ziron, M. und Fiene, J.: Entwicklung einer App (Application software) für die betriebliche Eigenkontrolle unter besonderer Berücksichtigung von Tierwohlkriterien in der Ferkelaufzucht. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [27] Bielefeldt, N.; Donicht, S. und Hellmuth, U.: Untersuchung zur Auswahl von Kriterien für eine App-basierte tägliche Tierkontrolle als Controllinginstrument in der Mastschweinehaltung unter Praxisbedingungen. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung.", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [28] Czycholl, I.; Kniese, C.; Schrader, L. und Krieter, J.: Assessment of the multi-criteria evaluation system of the Welfare Quality® protocol for growing pigs. Animal 11 (2017) 9, S. 1573-1580
- [29] Czycholl, I.; Grosse Beilage, E.; Henning, C. und Krieter, J.: Reliability of the qualitative behavior assessment as included in the welfare quality assessment protocol for growing pigs. Journal of Animal Science 95 (2017) 8, S. 3445-3454

- [30] Will, M. K.; Büttner, K.; Kaufholz, T.; Müller-Graf, C.; Selhorst, T. und Krieter J.: Accuracy of a real-time location system in static positions under practical conditions: Prospects to track group-housed sows. *Computers and Electronics in Agriculture* 142 (2017), S. 473-484
- [31] Adrion, F.; Kapun, A.; Eckert, F.; Holland, E.M.; Staiger, M.; Götz, S.; Gallmann, E.: Monitoring trough visits of growing-finishing pigs with UHF-RFID. *Computers and Electronics in Agriculture* 144 (2017) S. 144-153, DOI: 10.1016/j.compag.2017.11.036
- [32] Manteuffel, C.; Hartung, E.; Schmidt, M.; Hoffmann, G. und Schön, P.C.: Online-Erkennung von Ferkelerdrückung mit Vokalisationsanalyse und Kontextdaten. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [33] Adrion, F.; Kapun, A.; Eckert, F.; Gallmann, E. und Jungbluth, T.: Vergleich von LF- und UHF-RFID bei der Erkennung von Mastschweinen an einem Beschäftigungsgerät. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [34] Kapun, A.; Adrion, F.; Eckert, F.; Tomalla, M.; Gallmann, E. und Jungbluth, T.: Erfassung von Aktivitäts- und Verhaltensmustern von Mastschweinen anhand eines UHF-RFID Systems. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [35] Hoy, S.; Harth, J.; Brede, W.; Hinrichs, B. und Weirich, C.: Untersuchungen zur automatischen Brunsterkennung bei Jungsauen. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017
- [36] Hammer, N.; Adrion, F.; Staiger, M.; Holland, E.M.; Gallmann, E. und Jungbluth, T.: Comparison of different ultra-high-frequency transponder ear tags for simultaneous detection of cattle and pigs. *Livestock Science* 187 (2016), S. 125-137, DOI: 10.1016/j.livsci.2016.03.007
- [37] Adrion, F.; Kapun, A.; Holland, E.M.; Staiger, M.; Löb, P. und Gallmann E.: Novel approach to determine the influence of pig and cattle ears on the performance of passive UHF-RFID ear tags. *Computers and Electronics in Agriculture* 140 (2017), S. 168-179, DOI: 10.1016/J.COMPAG.2017.06.004
- [38] Hammer, N.; Pfeifer, M.; Staiger, M.; Adrion, F.; Gallmann, E. und Jungbluth, T.: Cost-benefit analysis of an UHF-RFID system for animal identification, simultaneous detection and hotspot monitoring of fattening pigs and dairy cows. *Landtechnik* 72 (2017) 3, S. 130-155, DOI: 10.15150/lt.2017.3160
- [39] Jungbluth, T.: Aktuelle Entwicklungen bei Haltungssystemen. *Agrarspektrum* 49 (2017), S. 31-37
- [40] Eurich-Menden, B.; Wolf, U. und Gallmann, E.: Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkungen der Nutztierhaltung – Projekt EmiDaT. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017

- [41] Hahne, J. und Pfeifer, T.: Ammoniakabscheidung in neuartigen Biofiltern, Landtechnik 72 (2017) 2, S. 76-90
- [42] Strohmaier, C.; Künnen, S.; Diekmann, B. und Büscher, W.: Kombinierte Abluftreinigung aus einem Legehennenstall zur Minderung von Staub, Ammoniak und Geruch. 13. Int. Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung", Tagungsband, Hrsg.: KTBL Darmstadt 2017

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Jungbluth, Thomas: Technik in der Schweinehaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151545>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/schweinehaltung.html>

## Technik in der Geflügelhaltung

Jutta Berk, Thomas Bartels

Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle, Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

### Kurzfassung

Neueste technische Entwicklungen in der Geflügelhaltung erfolgen auch immer mit der Zielstellung einer weiteren Verbesserung des Tierwohls. Entwicklungen zur Geschlechtsfrühdagnostik beim Huhn zur Vermeidung der Tötung männlicher Eintagsküken haben sich auf das endokrinologische und spektroskopische Verfahren fokussiert. Der derzeitige Stand der Forschung wird kurz dargelegt. Innovative Entwicklungen von tiergerechten Stallbeleuchtungen sind notwendig, um die Anforderungen an die Lichtqualität im Hinblick auf das Sehvermögen von Geflügel besser berücksichtigen zu können. Möglicherweise lassen sich unerwünschte Verhaltensweisen wie Federpicken und Kannibalismus durch entsprechende Kenntnisse und ihre Umsetzung in der Praxis beim Nutzgeflügel künftig zumindest reduzieren.

### Schlüsselwörter

Schnabelbehandlung, in ovo-Geschlechtsbestimmung, Endokrinologie, Spektroskopie, Stallbeleuchtung

## Machinery and Technique in Poultry Husbandry

Jutta Berk, Thomas Bartels

Institute of Animal Welfare and Animal Husbandry Celle, Federal Research Institute for Animal Health Organisation

### Abstract

The latest technical developments in poultry husbandry aim among others at improving animal welfare. Developments in early sex determination to avoid the culling of day-old male layer chicks have focused on endocrinological and spectroscopic methods. The current state of research is briefly outlined. Innovative developments of animal-friendly barn illumination are necessary in order to be able to better take into account the requirements of the vision of poultry with regard to the quality of light. It may be possible to at least reduce unwanted behaviours such as feather pecking and cannibalism in poultry by appropriate knowledge.

### Keywords

Beak trimming, in ovo sex determination, endocrinology, spectroscopy, barn illumination



## **Tierschutz in der Geflügelhaltung**

Die Grundlagen des deutschen Tierschutzrechtes sind in einem detaillierten Tierschutzgesetz festgelegt [1]. Spezielle Anforderungen an das Halten von Nutztieren sind in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung geregelt [2]. Diese Verordnung findet für Nutztiere Anwendung, die zu Erwerbszwecken gehalten werden. In Abschnitt 1 dieser Verordnung sind allgemeine Bestimmungen an die Nutztierhaltung aufgeführt. Dieser enthält unter anderem auch Vorgaben an die Beleuchtung in Ställen. In den speziellen Teilen sind dann die jeweiligen rechtsverbindlichen Vorgaben an die Haltung von Kälbern, Legehennen, Hähnchen, Schweinen und Pelztieren dargelegt.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) hat im September 2014 die Initiative „Eine Frage der Haltung – Neue Wege für mehr Tierwohl“ gestartet [3]. Ziel dieser Initiative ist es, auf das routinemäßige Schnabelkürzen bei Legehennen und Mastputen zu verzichten. Die Umsetzung erfolgte zunächst für die Legehennen, so dass ab dem 1. August 2016 kein Schnabelkürzen bei Küken von Legehennen mehr stattfand. In Deutschland durften ab Januar 2017 keine Junghennen mit gekürzten Schnäbeln mehr eingestallt werden. Für Mastputen wurde ebenfalls ein schrittweiser Ausstieg aus dem routinemäßigen Schnabelkürzen beschlossen. Voraussetzung dafür ist das Vorliegen von ausreichenden wissenschaftlichen Erkenntnissen hinsichtlich der Ursachen des Entstehens von dieser unerwünschten Verhaltensweise und die Entwicklung von wirksamen Maßnahmen zu ihrer Vermeidung. Im Jahr 2017 erfolgte zunächst eine Machbarkeitsprüfung für Putenhennen, auf deren Grundlage das weitere Vorgehen abgestimmt werden soll. Zielstellung dabei ist es, auf die routinemäßige Schnabelbehandlung ab dem 1. Januar 2019 zu verzichten. Langfristig wird angestrebt, auch bei der Mast von Putenhähnen ohne das Kürzen von Schnäbeln auszukommen [3].

## **Stand der Geschlechtsfrühdiaagnose in der Vermehrung von Legehennen**

Die Problematik der routinemäßigen Tötung männlicher Eintagsküken im Rahmen der Vermehrung von Legehennen ist nach wie vor von erheblichem politischem und öffentlichem Interesse. Zwar sind zur Lösung dieses Problems bislang diverse Ansätze entwickelt worden, jedoch konnte bislang noch keine einsetzbare Alternative im großen Maßstab etabliert werden [4]. Entsprechende Lösungen müssen hinreichend wissenschaftlich untersucht, gesellschaftlich akzeptiert und praktisch umsetzbar sein, da ein generelles Tötungsverbot zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Geflügelwirtschaft vor erhebliche Probleme stellen würde und vermutlich zur Verlagerung dieses Tierschutzproblems ins Ausland beiträgt. Die Forschung hat allerdings in den letzten Jahren durchaus Fortschritte gemacht.

### *Endokrinologische Verfahren*

Mittels endokrinologischer Analysen lassen sich die ab dem 9. Inkubationstag signifikant unterschiedlichen Hormonkonzentrationen in der Allantoisflüssigkeit männlicher und weiblicher Embryonen zur in ovo-Geschlechtsbestimmung nutzen [5; 6]. Dieses Verfahren soll

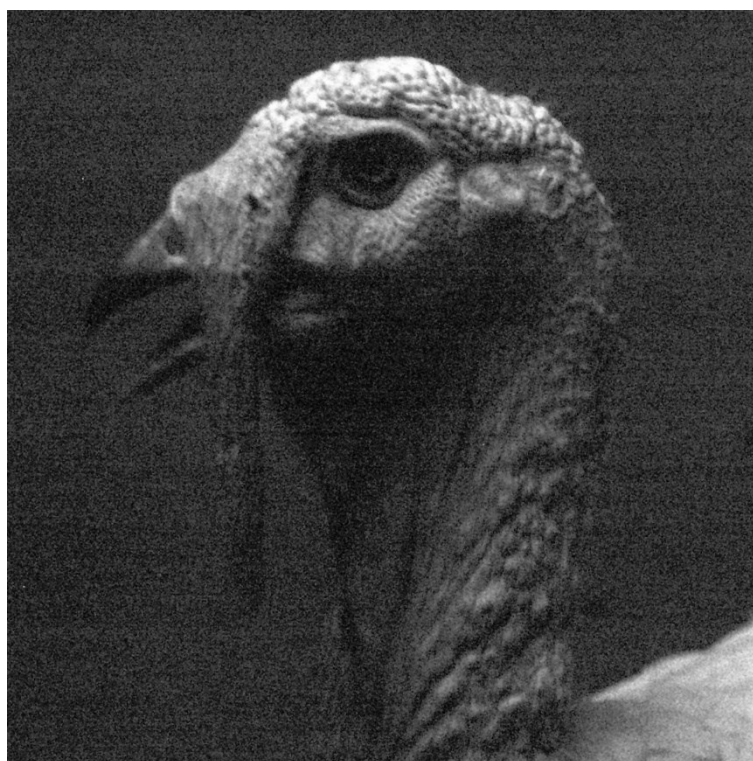
gegenwärtig unter dem Namen "SELEGGT-Technologie" zur Praxisreife entwickelt werden. Hierzu wurde von der REWE-Gruppe zusammen mit dem Veterinär-Physiologisch-Chemischen Institut der Universität Leipzig und einem niederländischen Technologieunternehmen ein Joint Venture namens SELEGGT-GmbH gegründet. Laut eigenen Angaben besteht das Ziel darin, ein technisch aktuelles Verfahren zu entwickeln, das leicht bedienbar ist und innerhalb kurzer Zeiteinheiten an einer großen Anzahl von Bruteiern eine sichere Geschlechtsbestimmung erlaubt. Die aussortierten "männlichen" Bruteier sollen zu Ergänzungsfuttermitteln verarbeitet werden [7; 8].

### *Spektroskopische Verfahren*

Spektroskopische Analyseverfahren ermöglichen innerhalb weniger Sekunden einen detaillierten Einblick in die molekulare Zusammensetzung komplexer biologischer Stoffsysteme. Dieser innovative Forschungsansatz zur in ovo-Geschlechtsbestimmung wurde bereits im Jahrbuch Agrartechnik 2014 vorgestellt. Im Rahmen umfangreicher Forschungsarbeiten hat sich mittlerweile herausgestellt, dass eine Kombination zweier verschiedener spektroskopischer Verfahren, nämlich der Raman-Spektroskopie und der Fluoreszenz-Spektroskopie bereits am 4. Bebrütungstag eine hohe Prognosegenauigkeit von >90% richtig erkannter weiblicher Embryonen erlaubt [9 bis 11]. Die spektroskopischen Messungen erfolgen berührungsfrei. Bislang konnten weder Beeinträchtigungen der weiteren Embryonalentwicklung noch Effekte auf die Tiergesundheit und die Leistungsparameter von in ovo-gesexten Legehennen nachgewiesen werden. Bis vor kurzem wurden die Messungen am spitzen Eipol durchgeführt, was zu präzisen Messungsergebnissen führte. Allerdings kam es bei einem Teil der untersuchten Bruteier zum Austritt von Eiinhalt bei der lasergestützten Öffnung bzw. dem Abheben der Schalenkappe und dadurch bedingt zu negativen Effekten auf die Schlupfrate. Hinzu kommt, dass die Bruteier vor und nach der Messung jeweils um 180° gewendet werden müssen. Den Forscherteams der TU Dresden und der Universität Leipzig ist es allerdings mittlerweile gelungen, die in ovo-Geschlechtsbestimmung auch bei einer Öffnung am stumpfen Eipol unter Erhalt der inneren Schalenmembran durchzuführen, was als erheblicher Fortschritt für eine Adaptation der Technologie an die Brütereibedingungen zu werten ist [12].

### **Innovative und tiergerechte Stallbeleuchtung**

Vögel haben unter den Wirbeltieren zweifellos die leistungsfähigsten Sehorgane entwickelt. Das Vogelauge besitzt ein sehr viel höheres Auflösungsvermögen als das von Säugetieren. Darüber hinaus ist es in der Lage, sowohl extrem langsame Bewegungen als auch Einzelmpulse mit einer Frequenz von bis zu 150 Bildern pro Sekunde zu registrieren. Damit werden beispielsweise einzelne Lichtimpulse von Leuchtstoffröhren, die mit konventionellen Vorschaltgeräten bei Netzfrequenz (50 Hz) betrieben werden, erkannt. Das Farberkennungsvermögen zahlreicher tagaktiver Vögel, darunter auch das von Nutzgeflügelarten wie dem Huhn und der Pute, ist um den langwelligen UV-Bereich erweitert. Dadurch wird das Spektrum der von Vögeln wahrnehmbaren Farben erheblich erweitert. UV-Reflexionen (**Bild 1**) und UV-Fluoreszenzen (**Bild 2**) der Haut bzw. des Gefieders haben für Artgenossen möglicherweise auch Signalcharakter [13].



**Bild 1:** Porträt eines B.U.T. 6 Puters im Alter von 135 Tagen. UV-reflektografische Aufnahme. Die unbefiederte Kopfoberseite zeigt deutliche UV-Reflexionen. (Foto: Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle, FLI)

**Figure 1:** Image of the head of a B.U.T. 6 turkey tom (age: 135 d). UV reflectography. The upper side of the head shows a bright UV reflection. (Photo: Institute of Animal Welfare and Animal Husbandry Celle, FLI)

Diese physiologischen Besonderheiten des Vogelauges werden in den allgemeinen Vorgaben der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung bereits berücksichtigt [2]. So findet sich in § 4 Abs. 9 die Anforderung, dass derjenige, der Nutztiere hält, sicherzustellen hat, dass die tägliche Beleuchtungsintensität und Beleuchtungsdauer bei Tieren, die in Ställen untergebracht sind, für die Deckung der ihrer Art entsprechenden Bedürfnisse ausreichen und bei hierfür unzureichendem natürlichen Lichteinfall der Stall entsprechend künstlich beleuchtet werden muss, wobei bei Geflügel das künstliche Licht entsprechend dem tierartspezifischen Wahrnehmungsvermögen flackerfrei sein muss. Allerdings sind gegenwärtig kaum Beleuchtungssysteme verfügbar, die in der Praxis alle Anforderungen hinsichtlich eines an das Wahrnehmungsvermögen des Vogelauges angepasstes Lichtspektrum erfüllen. Kenntnisse hinsichtlich der Effekte einer Vollspektrumbeleuchtung auf die Tiergesundheit und das Verhalten sowie auf Leistungsparameter sind bislang lückenhaft. Zur Klärung dieser Fragen werden zurzeit im Rahmen eines deutsch-niederländischen Kooperationsprojektes an der Hochschule Osnabrück und am Friedrich-Loeffler-Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle wissenschaftlich betreute Haltungsversuche unter definierten Bedingungen durchgeführt.



**Bild 2:** Aufnahme eines 15 Tage alten männlichen B.U.T. 6 Putenkükens. UV-Fluoreszenzfotografie. Dunenfedern weisen eine ausgeprägte gelbgrüne UV-Fluoreszenz auf. Konturfedern fluoreszieren hingegen nicht unter UV-Licht. (Foto: Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle, FLI)

**Figure 2:** Image of a male B.U.T. 6 turkey poult (age: 15 d). UV fluorescence photography. Natal downs show an intense yellowish-green fluorescence. Vaned feathers lack UV fluorescence. Photo: Institute of Animal Welfare and Animal Husbandry Celle, FLI)

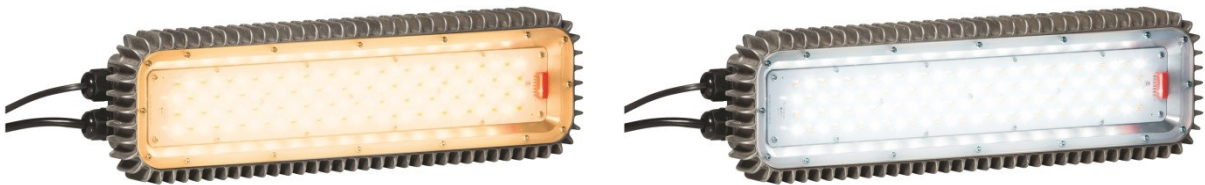
In der Praxis hat sich in letzter Zeit im Bereich der LED-Beleuchtung sehr viel getan. Beispielsweise bietet Big Dutchman eine langlebige und extrem robuste Flächenleuchte an, deren modularer Aufbau einen unkomplizierten und preiswerten Austausch der steckbaren Einzelkomponenten ermöglichen soll [14]. Die LED-Deckenleuchte wurde unter Berücksichtigung der speziellen Erfordernisse in der Tierhaltung entwickelt (**Bild 3**). Zum Einsatz kommen nur Markenkomponten, z. B. hochwertige LED's der Firma Osram. Die Leuchte trägt den Namen Zeus und soll in vielen Bereichen einsetzbar sein. Laut Vertreiber ist sie flackerfrei, zwischen 0 und 100 % dimmbar und soll eine Stromeinsparung bis zu 50 % gegenüber herkömmlichen Wannenleuchten ermöglichen. Die ZeusLED ist wahlweise mit unterschiedlichen LED-Boards lieferbar, die auch nachträglich vor Ort eigenständig getauscht werden können. Es sind verschiedenste Kombinationen an Lichtfarben wie beispielsweise warmweiß/kaltweiß, warmweiß/rot oder optional auch warmweiß mit einem UVA-Anteil (380 nm) lieferbar (**Bild 4**). Die Tierhalter können so auf die entsprechenden Bedürfnisse der Nutztiere individueller reagieren. Jede Leuchte ist mit einem integrierten Mikrocontroller ausgerüstet, der alle notwendigen Parameter wie beispielsweise die Temperatur der Leuchte überwacht bzw. auch die Anzahl der Betriebsstunden registriert. Die Geflügelhalter können zwischen verschiedenen Optiken wählen. Das Klarglas eignet sich beispielsweise für hohe Decken, während eine Milchglasabdeckung ein breites, blendfreies Abstrahlen des Lichtes gewähr-

leistet. Eine Neuerung ist die Linsenscheibe, die für eine sehr homogene Ausleuchtung steht. Seit kurzem ist die ZeusLED auch DLG zertifiziert (Prüfbericht 6815). Die Prüfung bezog sich auf die Parameter "Ammoniakbeständigkeit" und "Reinigungsabstand" (Schutzklasse IP 67).



**Bild 3:** Blick in einen Broilerstall mit Leuchten des Typs "ZeusLED" (Foto: Big Dutchman)

**Figure 3:** View into a stable with broiler chickens, illuminated with lamps of type "ZeusLED" (Photo: Big Dutchman)



**Bild 4:** . ZeusLED, links: warmweißes Licht, rechts: kaltweißes Licht (Foto: Big Dutchman)

**Figure 4:** .ZeusLED, left: warm white light; right: cool white light (Photo: Big Dutchman)

## **Zusammenfassung**

Der Tierschutz in der Geflügelhaltung steht nach wie vor im Fokus der Öffentlichkeit. Im Rahmen der Initiative „Eine Frage der Haltung – Neue Wege für mehr Tierwohl“ wird das Ziel verfolgt, auf das routinemäßige Schnabelkürzen bei Legehennen und Mastputen zu verzichten. Die Umsetzung erfolgte zunächst für Legehennen. Für Mastputen wurde ebenfalls ein schrittweiser Ausstieg aus dem routinemäßigen Schnabelkürzen beschlossen. Dazu wurde zunächst im Jahr 2017 eine Machbarkeitsprüfung für Putenhennen durchgeführt, auf deren Grundlage das weitere Vorgehen abgestimmt werden soll [3].

Von erheblichem politischem und öffentlichem Interesse ist nach wie vor weiterhin die Problematik der routinemäßigen Tötung von männlichen Eintagsküken im Rahmen der Vermehrung von Legehennen. Hier haben sich mittlerweile zwei Verfahren herauskristallisiert, die



zum Erfolg führen könnten. Die Ergebnisse weiterer Forschungsarbeit bleiben sowohl beim endokrinologischen, aber auch beim spektroskopischen Verfahren abzuwarten. Spannend wird die Umsetzung dieser komplexen Verfahren zur in ovo-Geschlechtsdiagnose in der Brüterei-Praxis.

Die Beleuchtung in Geflügelställen muss auf die physiologischen Besonderheiten des Vogelauges abgestimmt sein. Gegenwärtig sind allerdings entsprechende Beleuchtungssysteme in der Praxis kaum verfügbar. Wissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich der Effekte einer Vollspektrumbeleuchtung auf das Tierverhalten, vor allem bezogen auf das Vorkommen der unerwünschten Verhaltensweisen Federpicken und Kannibalismus sowie auf die Tiergesundheit beleuchten bislang nur Teilaspekte. Die Forschungsergebnisse praxisnaher wissenschaftlicher Untersuchungen sollten abgewartet werden, bevor konkrete Empfehlungen zur Lichtqualität für die Praxis gegeben werden können.

## **Literatur**

- [1] N.N.: Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2014 (BGBl. I S. 1308) geändert worden ist.
- [2] N.N.: Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94) geändert worden ist.
- [3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Vereinbarung zur Verbesserung des Tierwohls, insbesondere zum Verzicht auf das Schnabelkürzen in der Haltung von Legehennen und Mastputen (2015). URL - [http://www.bmel.de/DE/Tier/Tierwohl/\\_texte/Schnabelkuerzen.html](http://www.bmel.de/DE/Tier/Tierwohl/_texte/Schnabelkuerzen.html) - Zugriff am: 29.01.2018.
- [4] Krautwald-Junghanns, M.-E.; Cramer, K.; Fischer, B.; Förster, A.; Galli, R.; Kremer, F.; Mapesa, E. U.; Meissner, S.; Preisinger, R.; Preusse, G.; Schnabel, C.; Steiner, G. and Bartels, T.: Current approaches to avoid the culling of day-old male chicks in the layer industry, with special reference to spectroscopic methods. *Poult. Sci.* 97 (2018), [doi.org/10.3382/ps/pex389](https://doi.org/10.3382/ps/pex389).
- [5] Weissmann, A.; Reitemeier, S.; Hahn, A.; Gottschalk, J. and Einspanier, A.: Sexing domestic chicken before hatch: A new method for in ovo gender identification. *Theriogenology* 80 (2013), 199-205
- [6] Weissmann, A.; Förster, A.; Gottschalk, J.; Reitemeier, S.; Krautwald-Junghanns, M.-E.; Preisinger, R. and Einspanier, A.: In ovo-gender identification in laying hen hybrids: Effects on hatching and production performance. *Europ. Poult. Sci.* 78 (2014), DOI: 10.1399/eps.2014.25.
- [7] REWE-Group-Nachhaltigkeitsbericht 2015/2016. URL - <http://rewe-group-nachhaltigkeitsbericht.de> - Zugriff am: 29.01.2018.
- [8] SELEGGT. URL - <http://www.seleggt.de> - Zugriff am: 29.01.2018.

- [9] Galli, R.; Preuße, G.; Uckermann, O.; Bartels, T.; Krautwald-Junghanns, M.-E.; Koch, E. and Steiner, G.: In ovo sexing of domestic chicken by Raman spectroscopy. *Anal. Chem.* 88 (2016) S. 8657–8663.
- [10] Galli, R.; Preuße, G.; Uckermann, O.; Bartels, T.; Krautwald-Junghanns, M.-E.; Koch, E. and Steiner, G.: In-ovo sexing of chicken eggs by fluorescence spectroscopy. *Anal. Bioanal. Chem.* 409 (2017) S. 1185-1194.
- [11] Galli, R.; Koch, E.; Preusse, G.; Schnabel, C.; Bartels, T.; Krautwald-Junghanns, M.-E. and Steiner, G.: Contactless in ovo sex determination of chicken eggs. *Current Directions in Biomedical Engineering* 3 (2017) S. 131–134.
- [12] Galli, R.; Preusse, G.; Schnabel, C.; Bartels, T.; Cramer, K.; Krautwald-Junghanns, M.-E.; Koch E. and Steiner, G.: Sexing of chicken eggs by fluorescence and Raman spectroscopy through the shell membrane. *Plos One* (2018) im Druck.
- [13] Bartels, T.; Lütgeharm, J.-H.; Wähner, M. and Berk J.: UV reflection properties of plumage and skin of domesticated turkeys (*Meleagris gallopavo* f. dom.) as revealed by UV photography. *Poult. Sci.* 96 (2017) 4134–4139.
- [14] Big Dutchman-Produktinformation: Zeus - Die vielseitig einsetzbare LED-Wannenleuchte. URL - <https://cdn.bigdutchman.de/fileadmin/content/egg-poultry/products/de/Legehennenhaltung-Gefluegelmast-Stallbeleuchtung-Zeus-Big-Dutchman-de.pdf> - Zugriff am: 07.02.2018.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Berk, Jutta; Bartels, Thomas: Technik in der Geflügelhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2017*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-8

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151547>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/gefluegelhaltung.html>

---

## **Agrartechnik in Tropen und Subtropen**

Joachim Müller,  
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

### **Kurzfassung**

Als Beitrag zur Sicherung der Welternährung fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter Beteiligung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) seit 2013 mehrere Verbundprojekte, an welchen das Fachgebiet für Agrartechnik der Universität Kassel und das Fachgebiet Agrartechnik in den Tropen und Subtropen der Universität Hohenheim mit Forschungsarbeiten zur Verbesserung der Nutzung von Grundnahrungsmitteln in Afrika beteiligt sind. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Verbesserung der Nacherntetechnologie zur Vermeidung von Verlusten sowie zur Wertsteigerung durch Weiterverarbeitung.

### **Schlüsselwörter**

Nacherntetechnologie, Maniok, *Manihot esculenta*, Süßkartoffel, *Ipomoea batatas*

## **Agricultural Engineering in Tropics and Subtropics**

Joachim Müller,  
Institute of Agricultural Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart

### **Abstract**

Since 2013, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and the Federal Ministry of Economic Cooperation and Development (BMZ) is funding several joint research projects to contribute to food security. Agricultural and Biosystems Engineering Group of the University of Kassel and Agricultural Engineering Tropics and Subtropics Group of the University of Hohenheim are contributing to those projects to improve the utilization of staple crops in Africa. Focus is on improvement of postharvest technology to reduce food losses and to add value by processing.

### **Keywords**

Postharvest technology, cassava, *Manihot esculenta*, sweetpotato, *Ipomoea batatas*



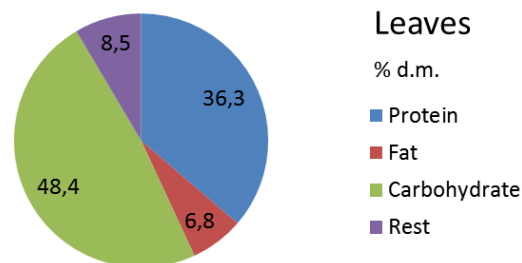
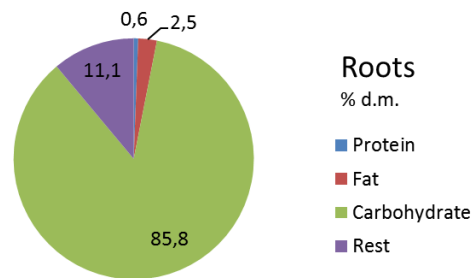
## Einführung

Unter dem Titel „GlobE - Forschung für die globale Ernährungssicherung“ fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter Beteiligung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) seit April 2013 sechs größere Verbundprojekte und investierte damit über die Laufzeit von fünf Jahren hinweg eine Summe von 45 Mio. Euro in die Sicherung der Welternährung [1]. Das Fachgebiet für Agrartechnik der Universität Kassel und das Fachgebiet Agrartechnik in den Tropen und Subtropen der Universität Hohenheim sind an drei dieser Verbundprojekte beteiligt: „RELOAD - Reduction of postharvest losses and value addition in East African food value chains“ [2], „BiomassWeb - Improving food security in Africa through increased system productivity of biomass-based value webs“ [3] und „Trans-SEC - Innovating strategies to safeguard food security using technology and knowledge transfer“ [4]. Aus den Forschungsaktivitäten der beiden Fachgebiete wurden die Ergebnisse zur Verbesserung der Nutzung von Maniok und Süßkartoffeln ausgewählt und werden nachfolgend mit Verweis auf die zugehörige Literatur angesprochen.

## Nacherntetechnologie bei Maniok

Maniok (*Manihot esculenta*) stellt in tropischen Regionen einen der wichtigsten Stärkelieferanten dar. Im Jahr 2015 betrug die Weltproduktion 277 Mio. Tonnen, wovon 54% auf Afrika entfiel [5]. Die Produktion nimmt jedoch in Asien und Südamerika in den letzten Jahrzehnten ständig zu, wobei Maniok in diesen Regionen überwiegend als nachwachsender Rohstoff für die Industrie und zur Herstellung von Futtermitteln verwendet wird [6].

Wie aus **Bild 1** hervorgeht bestehen die Maniokwurzeln überwiegend aus Kohlehydraten und der Anteil an Proteinen ist mit weniger als 1% sehr gering [7]. Da besonders in ärmeren Bevölkerungsschichten in Afrika die Ernährung überwiegend auf Maniok beruht, kommt es dort durch ein sehr unausgeglichenes Protein/Stärke-Verhältnis häufig zu Mangelerscheinungen. Im Gegensatz zu den Wurzeln ist der Proteingehalt in den Maniokblättern mit über 35% sehr hoch. Wie eine Literaturübersicht zeigt, ist dabei auch die Zusammensetzung an Aminosäuren für die menschliche Ernährung wertvoll, genauso wie der Gehalt an Vitaminen und Mineralstoffen [8]. Eine Kombination von Blatt und Wurzeln könnte folglich die Ernährungssituation verbessern. Allerdings enthalten die Blätter, ebenso wie die Wurzeln, Blausäureglykoside, welche vor dem Verzehr abgebaut werden müssen. In Regionen, in welchen Maniokblätter bereits genutzt werden, geschieht dies durch mehrstündiges Kochen. Dadurch gehen wertvolle Inhaltsstoffe verloren, weshalb an der Universität Hohenheim schonendere Methoden zur Detoxifizierung entwickelt werden [9]. Neben einer kombinierten Nutzung von Maniokwurzeln und -blättern wäre natürlich eine Diversifizierung des Anbaus wünschenswert, bzw. der Erhalt des traditionellen Mischanbaus, welcher eine sehr vielseitige Ernährung erlaubt [10; 11].

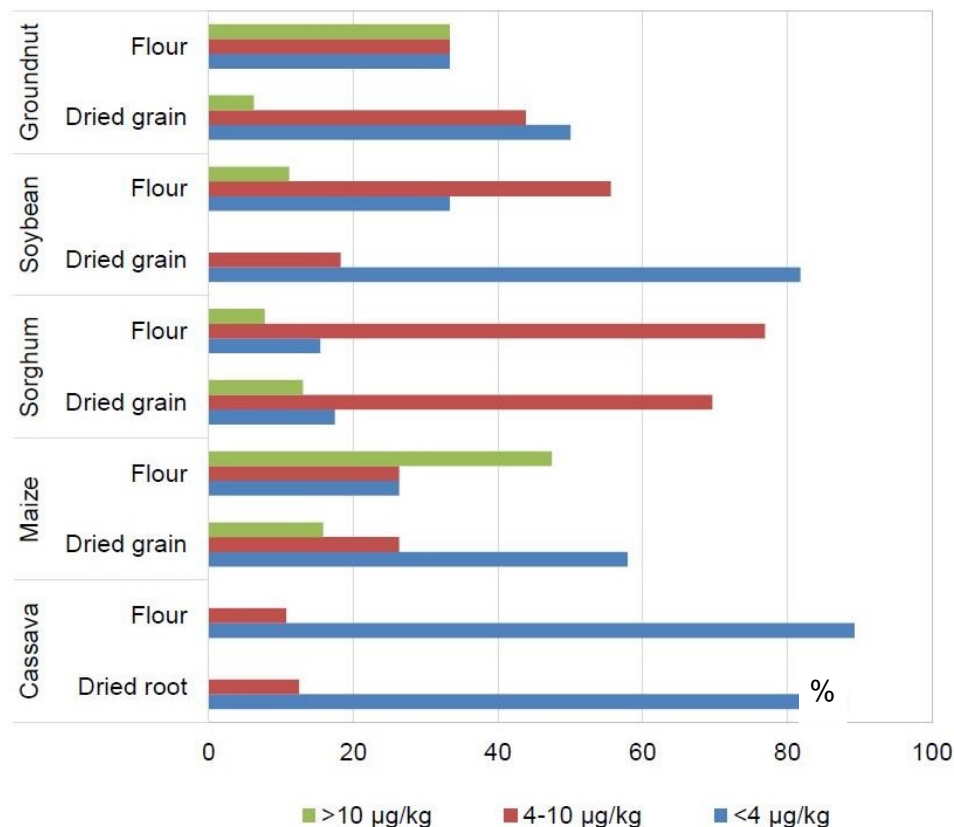


**Bild 1:** Maniokwurzeln (oben), Maniokblätter (unten) und deren prozentuale Zusammensetzung bezogen auf die Trockenmasse [7].

**Figure 1:** Cassava roots (top), cassava leaves (bottom) and percentage of compounds dry matter base [7].

Ein Problem ist die kurze Haltbarkeit von Maniok. Bereits zwei bis drei Tage nach der Ernte setzt der Verderb ein. Durch eine zügige Trocknung der geschälten und zerkleinerten Wurzeln kann ein lagerfähiges Produkt hergestellt werden. In Afrika erfolgt die Trocknung meist an der Sonne. Da sich die Trocknung dabei über mehrere Tage erstreckt, muss das Trocknungsgut mit hohem Arbeitsaufwand vor Einbruch der Nacht oder bei einsetzenden Regenfällen geborgen werden. Da die Regenfälle meist plötzlich eintreten, kommt es häufig zum Verderb des Trocknungsgutes. Aus diesem Grund wird derzeit der Hohenheim Tunneltrockner, welcher in Kooperation mit IRRI zur Trocknung von Reis weiterentwickelt wurde, nun auch für die Trocknung von Maniok optimiert [12]. Für die Manioktrocknung im industriellen Maßstab hat sich die Trocknung im Heißluftstrom als innovative und praktikable Methode erwiesen. Feingeraspelte Maniokpartikel werden durch Pressen mechanisch entwässert und in einem Luftstrom bei Temperaturen von mehr als 100°C durch ein Rohrsystem gefördert und dabei, ausgehend von einem Feuchtegehalt von 40%, auf einen lagerfähigen Feuchtegehalt von 10% getrocknet. Die Abtrennung der getrockneten Partikel erfolgt in einem Zyklon [13; 14]. Zur Berechnung des Transport- und Trocknungsverhaltens ist die Kenntnis von Stoffeigenschaften erforderlich, wie sie von Romuli et al. ermittelt wurden [15].

Erste Ergebnisse liegen auch für die Anwendung aufwändigerer Trocknungsmethoden aus der Lebensmitteltechnologie vor, wie der Schaumschichttrocknung [16] und der osmotischen Trocknung [17]. Bei der osmotischen Trocknung wurde der anfängliche Wassergehalt von Maniok durch Einlegen in Salz-, Zucker- oder Salz/Zucker-Lösungen gesenkt und die Trockenmasse durch Aufnahme der Osmolyte erhöht. Am wirksamsten hat sich dabei die kombinierte Salz/Zucker-Lösung erwiesen. Nach einer Tauchzeit von 60 min wurde eine Wasserentzug von 20% und eine Osmolyt-Aufnahme von 15% gemessen. Die Auswirkungen auf die physikalischen und organoleptischen Eigenschaften sind Gegenstand weiterer Forschungen.



**Bild 2:** Prozentualer Anteil an mit Aflatoxin kontaminierten Proben auf Wochenmärkten in Burundi und in der Demokratische Republik Kongo (n=218) [18].

**Figure 2:** Percentage of aflatoxin contaminated food samples on farmers' markets in Burundi and Eastern Democratic Republic of the Congo (n=218) [18].

Bei unsachgemäßer Lagerung entwickeln sich bei getrocknetem Maniok neben Insekten [19] auch diverse Arten von Schimmelpilzen, welche Mykotoxine, wie beispielsweise Aflatoxin, freisetzen [20]. Bei einer Untersuchung in Burundi und im Osten der Demokratischen Republik Kongo wurden auf Wochenmärkten Proben unterschiedlicher Nahrungsmittel genommen. Es hat sich gezeigt, dass über 80% der Maniokproben mit Aflatoxin in einer Konzentration von bis zu 4 µg/kg kontaminiert waren, **Bild 2**. Bei anderen Produkten, wie Mais, Sorghum, Soja und Erdnuss war der Anteil an befallenen Proben zwar geringer, die Belastung der befallenen Proben war jedoch höher. So waren zum Beispiel bei Maismehl annähernd 50% der

Proben mit mehr als 10 µg/kg Aflatoxin belastet [21]. Wie aus einer Studie zur Lagerung von Mais in Äthiopien hervorgeht, wird das Pilzwachstum nicht durch die hohen Temperaturen befördert, sondern durch die hohe relative Feuchte der Luft in traditionellen Lagersystemen [22].

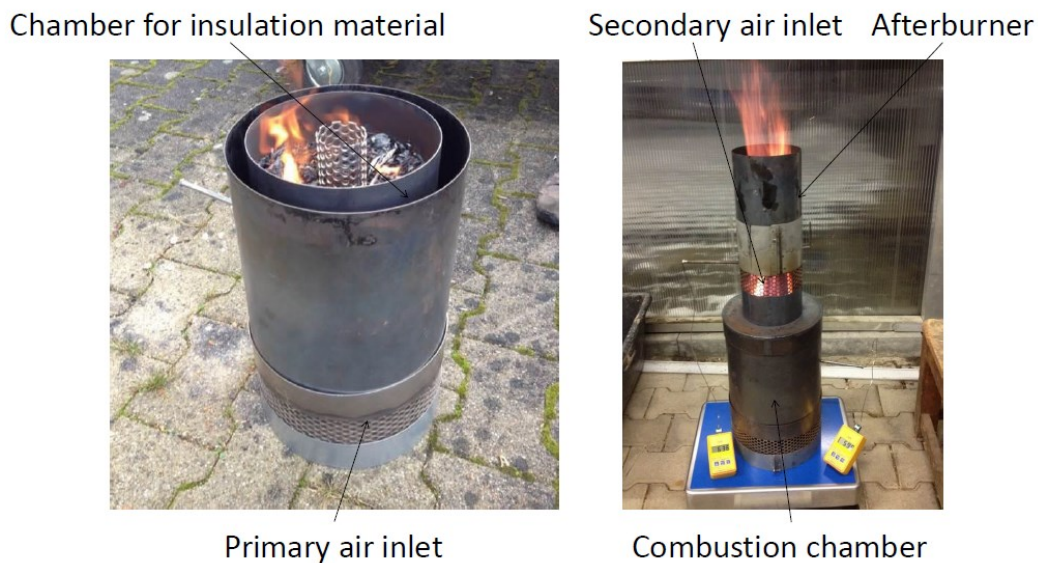
Die stark gesundheitsgefährdenden Mykotoxine lassen sich kaum aus dem Produkt entfernen. Eine Verdünnung der Konzentration durch Verschneidung mit weniger belasteten Partien ist nicht zulässig. Als sicherste Maßnahme zur Vermeidung von Mykotoxinen gilt daher die Reduzierung der verursachenden Pilzpopulationen. Behandlungen, wie elektromagnetische Bestrahlung, Ozonbegasung oder Zugabe bestimmter Chemikalien wie Montmorillonit oder Natriumsulfat können erst nach der Ernte erfolgen. Dagegen stellt die Förderung ungiftiger Pilzstämme als Konkurrenz für die verwandten giftbildenden Stämme ein innovatives biologisches Verfahren dar, welches bereits während des Anbaus angewandt werden kann und bei Mais und Erdnüssen bereits erfolgreich eingesetzt wurde [23].

Aufgrund der unregelmäßigen Form der Maniokwurzeln entstehen bereits beim Schälen erhebliche Masseverluste. Um diese zu reduzieren, wurde ein neues Verfahren entwickelt, bei welchem Zellulose und Hemizellulose der Wurzelrinde durch eine enzymatische Behandlung soweit abgebaut werden, dass sie durch rotierende Bürsten schonend entfernt werden kann [24]. Aber auch für die stärkereichen Schälrückstände der gängigen mechanischen Schälmethoden ergeben sich erfolgsversprechende Verwendungsmöglichkeiten zur Erzeugung von Bioenergie. So wurden für Maniokschalen mit einem Gehalt an Lignin von 10% (TM) im Hohenheimer Biogas Test 0,443 m<sup>3</sup> Biogas pro kg organischer Trockensubstanz erzielt mit einem Methangehalt von 51% [21]. In einem speziellen Pyrolyseverfahren, der sogenannten Top-Lit Up-Draft Pyrolyse (TLUD-Pyro) lassen sich Maniokschalen auch in ein brennbares Pyrolysegas, Pyrolyseöle und Biokohle umsetzen [25]. Die unterschiedlichen Komponenten sind in **Bild 3** dargestellt [26].



**Bild 3:** Maniokschalen (a), Biokohle (b), Pyrolyseöle (c) und Brenner im Betrieb mit Pyrolysegas aus einem Top-Lit Up-Draft Pyrolyse Reaktor [26].

**Figure 3:** Cassava peels (a), bio-char (b), condensates (c) and burner operated with pyrolysis gas from a top-lit up-draft pyrolysis reactor [26].



**Bild 4:** Top-Lit Up-Draft Pyrolyse Reaktor beim Anzünden (links) und im Versuchsbetrieb (rechts), hier ohne zweite Pyrolysekammer und Einrichtung zur Kondensation der Abgase [27].

**Figure 4:** Top-lit up-draft pyrolysis reactor during ignition (left) and during operation (right) here without second pyrolysis chamber and device for condensation of the flue gases [27].

Wie aus **Bild 4** ersichtlich wird, lässt sich ein TLUD-Reaktor mit einfachen Mitteln bauen, wie sie auch in Entwicklungsländern verfügbar sind. Der Reaktor wird satzweise betrieben, wobei die Biomasseschüttung oben angezündet wird (top-lit). Durch die Erwärmung entsteht im Zentralrohr ein Zug (up-draft), welcher Primärluft von unten ansaugt. Die Verbrennung ist hier unvollständig und hinterlässt Biokohle und brennbare Abgase. Durch Zufuhr von Sekundärluft werden die Abgase im Nachbrenner verbrannt und dienen in einer aufgesetzten zweiten Pyrolysekammer (im Bild zur Veranschaulichung der Flamme abgenommen) zur Pyrolyse bei hoher Temperatur zur Erzeugung von Pyrolysegas und Pyrolyseölen [27].

### Nacherntetechnologie bei Süßkartoffeln

Die Süßkartoffel (*Ipomoea batatas*) ist ein weiterer bedeutender Stärkelieferant in afrikanischen Ländern. Hierzu wurden an der Universität Kassel umfangreiche Untersuchungen in Äthiopien durchgeführt. Mittels einer Umfrage bei Landwirten und Händlern wurden Ursache und Ausmaß der quantitativen und qualitativen Verluste bei der Süßkartoffel entlang der Wertschöpfungskette von der Ernte bis zum Verkauf auf lokalen Märkten untersucht [28]. Bei einem begleitenden Versuch hat sich gezeigt, dass die Zwischenlagerung in Säcken an der Sonne eine wesentliche Ursache von Nachernteverlusten darstellt. Bereits nach drei Tagen war ein Masseverlust von 20% erreicht, ab welchem die Süßkartoffeln als nicht mehr vermarktungsfähig gelten. Durch Beschattung konnte die Lagerstabilität auf sieben Tage erhöht werden. Eine maßgebliche Verbesserung der Lagerung könnte durch Belüftung erreicht werden. Als Grundlage hierzu wurde der Widerstand einer Schüttung von Süßkartoffeln bei unterschiedlichen Luftgeschwindigkeiten und Orientierung der Knollen [29], sowie Wärmeübergang und Wärmetransport ermittelt [30]. Da auch die oberirdischen Teile der Süßkartoffel-



pflanze genießbar sind und durch Trocknung konserviert werden können, wurde der Strömungswiderstand auch für Schüttungen von Blatt und Ranken ermittelt [31].

Die Lagerfähigkeit wird auch maßgeblich vom Ausmaß an Schalenverletzungen beeinflusst. Deshalb sollten Beschädigungen bei der Ernte vermieden werden. Hierzu wurde eine einfach durchzuführende Art der Konditionierung auf ihre Wirkung untersucht: das Kraut wurde eine bestimmte Anzahl von Tagen vor der Ernte entfernt [32]. Dadurch werden physiologische Prozesse angeregt, welche zu einer Lignifizierung der Schale führen. In einer systematischen Versuchsanlage auf einem praxisüblich bestellten Feld in Äthiopien wurde das Kraut 3, 7, 10 und 14 Tage vor der Ernte entfernt. Die Widerstandsfähigkeit der Schale nahm dabei kontinuierlich zu. Ab einer Krautentfernung von 10 Tagen vor der Ernte war auch ein signifikant geringerer Gewichtsverlust während einer 30-tägigen Lagerung zu verzeichnen. Damit legt die Arbeit wertvolle Grundlagen für ein praktikables und kostengünstiges Verfahren zur Verbesserung der Lagerfähigkeit von Süßkartoffeln, welches den Landwirten in Äthiopien unmittelbar zugutekommen kann.

## **Zusammenfassung**

Maniok und Süßkartoffeln zählen zu den wichtigsten Stärlieferanten in Afrika. Die Verbesserung der Nacherntetechnologie sowie die Nutzung von anfallenden Nebenprodukten trägt maßgeblich zur Verminderung von Nahrungsmittelverlusten bei und ermöglicht eine Wertsteigerung durch bessere Verarbeitung und der Entwicklung neuer Produkte im Nahrungs- und Energiebereich.

## **Literatur**

- [1] N.N.: GlobE - Forschung für die globale Ernährungssicherung. URL- <https://www.bmbf.de/de/globe-forschung-fuer-die-globale-ernaehrungssicherung-5453.html> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [2] N.N.: Reduction of postharvest losses and value addition in East African food value chains. URL- <http://reload-globe.net/cms/> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [3] N.N.: BiomassWeb - Improving food security in Africa through increased system productivity of biomass-based value webs. URL- <http://biomassweb.org/about-us/> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [4] N.N.: Trans-SEC - Innovating Strategies to safeguard Food Security using Technology and Knowledge Transfer. URL- <http://project2.zalf.de/trans-sec/public/> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [5] N.N.: FAOSTAT Food and agriculture data. URL- <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> - Zugriff am: 13.01.2018.
- [6] Parmar, A.; Sturm, B. und Hensel, O.: Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. Food Security 9 (2017), S. 907-927.

- [7] Müller, J.: Water, food and energy security in an earth system under stress [keynote lecture]. 5th International Conference on Environmental Research & Technology 22.-25.08.2017 Penang, Malaysia, S. 1-6.
- [8] Latif, S. und Müller, J.: Potential of cassava leaves in human nutrition: A review. *Trends in Food Science & Technology* 44 (2015), S. 147-158.
- [9] Latif, S. und Müller, J.: Cassava – how to explore the “all-sufficient”. *Rural* 21 (2014), S. 30-31.
- [10] Whitney, C.W.; Gebauer, J.; Hensel, O. und Yeh, C.H.: Homegardens and the future of food and nutrition security in southwest Uganda. *Agricultural Systems* 154 (2017), S. 133-144.
- [11] Whitney, C.W.; Luedeling, E.; Tabuti, J.R.S.; Nyamukuru, A.; Hensel, O.; Gebauer, J. und Kehlenbeck, K.: Crop diversity in homegardens of southwest Uganda and its importance for rural livelihoods. *Agriculture and Human Values* (2017), S. 1-26.
- [12] Salvatierra, A.; Nagle, M.; Gummert, M.; de Bruin, T. und Müller, J.: Development of an inflatable solar dryer for improved postharvest handling of paddy rice in humid climates. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering* 10 (2017), S. 269-282.
- [13] Precoppe, M.; Chapuis, A.; Müller, J. und Abass, A.: Tunnel dryer and pneumatic dryer performance evaluation to improve small-scale cassava processing in Tanzania. *Journal of Food Process Engineering* 40 (2015), S. 1-10.
- [14] Precoppe, M.; Tran, T.; Chapuis, A.; Müller, J. und Abass, A.: Improved energy performance of small-scale pneumatic dryers used for processing cassava in Africa. *Biosystems Engineering* 151 (2016), S. 510-519.
- [15] Romuli, S.; Abass, A. und Müller, J.: Physical Properties of Cassava Grits before and after Pneumatic Drying. *Food Process Engineering* 40 (2017), S. 1-9.
- [16] Ayetigbo, O.; Latif, S.; Abass, A. und Müller, J.: Optimization of cassava foaming for foam-mat drying, and use in cream-based foods. *GlobE Status Seminar* 16.-17.10.2017 Berlin, Germany, S. 1.
- [17] Ayetigbo, O.; Latif, S.; Abass, A. und Müller, J.: Effects of temperature and concentration of osmotic solution on osmotic dehydration kinetics of cassava. *GlobE Status Seminar* 16.-17.10.2017 Berlin, Germany, S. 1.
- [18] Udomkun, P.; Wiredu, A.; Mutegi, C.; Atehnkeng, J.; Nagle, M.; Nielsen, F. und Müller, J.: Aflatoxin distribution in crop products from Burundi and Eastern Democratic Republic of Congo. *Tropentag 2017 - Future Agriculture: Social-ecological transitions and bio-cultural shifts* 20.-22.09.2017 Bonn, Germany, S. 1.
- [19] Parmar, A.; Kirchner, S.M.; Langguth, H.; Döring, T.F. und Hensel, O.: Boxwood borer *heterobostrychus brunneus* (Coleoptera: Bostrichidae) infesting dried cassava: A current record from southern Ethiopia. *Journal of Insect Science* 17 (2017), S. 1-8.
- [20] Udomkun, P.; Wiredu, A.; Nagle, M.; Bandyopadhyay, R.; Müller, J. und Vanlauwe, B.: Mycotoxins in Sub-Saharan Africa: Present situation, socio-economic impact, awareness, and outlook. *Food Control* (2016), S. 127-138.

- [21] Awiszus, S.; Latif, S. und Müller, J.: Evaluation of the bio-methane potential of by-products from cassava starch processing. Tropentag 2017 - Future Agriculture: Social-ecological transitions and bio-cultural shifts 20.-22.09.2017 Bonn, Germany, S. 107.
- [22] Garbaba, C.A.; Diriba, S.; Ocho, F.L. und Hensel, O.: Potential for mycotoxin-producing fungal growth in various agro-ecological settings and maize storage systems in south-western Ethiopia. *Journal of Stored Products Research* 76 (2018), S. 22-29.
- [23] Udomkun, P.; Wiredu, A.N.; Nagle, M.; Müller, J.; Vanlauwe, B. und Bandyopadhyay, R.: Innovative technologies to manage aflatoxins in foods and feeds and the profitability of application – A review. *Food Control* 76 (2017), S. 127-138.
- [24] Barati, Z.; Latif, S. und Müller, J.: Characterization of cassava root peels for the enzymatic peeling process. *Innovations in Food Science & Technology* 10.-12.05.2017 Munich, Germany, S. 54.
- [25] Intani, K.; Latif, S.; Rafayatul Kabir, A.K.M. und Müller, J.: Effect of self-purging pyrolysis on yield of biochar from maize cobs, husks and leaves. *Bioresource Technology* 218 (2016), S. 541-551.
- [26] Latif, S.; Intani, K. und Müller, J.: Slow pyrolysis of cassava peel by using a op-lit up-draft pyrolysis (TLUD-Pyro) reactor. 6th International Symposium on Energy from Biomass and Waste 14.-17.11.2016 Venice, Italy, S. 49.
- [27] Intani, K.; Latif, S. und Müller, J.: Developing a prototype top-lit up-draft pyrolysis (TLUD-Pyro) stove for improving household energy systems in rural Ethiopia. *PLANT 2030 Status Seminar* 04.-06.03.2015 Potsdam, Germany, S. 125.
- [28] Parmar, A.; Hensel, O. und Sturm, B.: Post-harvest handling practices and associated food losses and limitations in the sweetpotato value chain of southern Ethiopia. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 80 (2017), S. 65-74.
- [29] Korese, J.K.; Richter, U. und Hensel, O.: Airflow resistance through bulk sweet potato roots. *Transactions of the ASABE* 59 (2016), S. 961-968.
- [30] Korese, J.K.; Sturm, B.; Román, F. und Hensel, O.: Simulation of transient heat transfer during cooling and heating of whole sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) roots under forced-air conditions. *Applied Thermal Engineering* 111 (2017), S. 1171-1178.
- [31] Korese, J.K. und Hensel, O.: Resistance to airflow through sweet potato aerial vine components. *Applied Engineering in Agriculture* 32 (2016), S. 483-491.
- [32] Parmar, A.; Kirchner, S.M.; Sturm, B. und Hensel, O.: Pre-harvest curing: effects on skin adhesion, chemical composition and shelf-life of sweetpotato roots under tropical conditions. *East African Agricultural and Forestry Journal* (2017), S. 1-14.



**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Müller, Joachim: Agrartechnik in Tropen und Subtropen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151555>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/tropen-subtropen.html>

## Historie der Antriebstechnik

Clemens Nienhaus, Wilhelm Schott, früher GKN-Walterscheid, Lohmar  
VDI-Max Eyth, FA Geschichte der Agrartechnik

### Kurzfassung

Über Jahrhunderte waren Muskelkraft und die Energien von Wasser und Wind Basis aller Antriebe. Die Techniken wurden ständig weiterentwickelt, blieben aber in den Grundzügen erhalten. Mit der Nutzung der Dampfkraft wurden Ende des 18. Jahrhunderts die Grundlagen der Industrialisierung zur Produktion von Industriegütern, der Textilindustrie sowie für den Massentransport von Personen und Gütern gelegt. Gleichzeitig war dies der Beginn der Nutzung fossiler Energieträger. Mit der Erfindung der Verbrennungskraftmaschinen und Elektromotoren konnten dezentrale Antriebe verwirklicht werden. Dadurch wurden direkte Leistungsantriebe für mobile Maschinen und Fahrzeuge sowie kommerzielle Transporte erreicht.

### Schlüsselwörter

Antriebssysteme, Muskelkraft, Wasserkraft, Windkraft, Dampfkraft, Verbrennungsmaschinen, Elektrokraftmaschinen

## History of power transmission technology

Clemens Nienhaus, Wilhelm Schott, former GKN-Walterscheid, Lohmar  
VDI-Max Eyth, FA History of Agricultural Engineering

### Abstract

For centuries, muscle power and the energies of water and wind were the basis of all power transmission systems. The techniques were continually developed but remained intact. The use of steam power formed the foundation of industrialization at the end of the 18th century for the production of industrial goods and the mass transportation of people and goods. At the same time, the use of fossil fuels was beginning. With the invention of internal combustion engines and electric motors, production of industrial goods was no longer dependent on a single power source. As a result, direct power drives for mobile machines and vehicles as well as commercial transports were achieved.

### Keywords

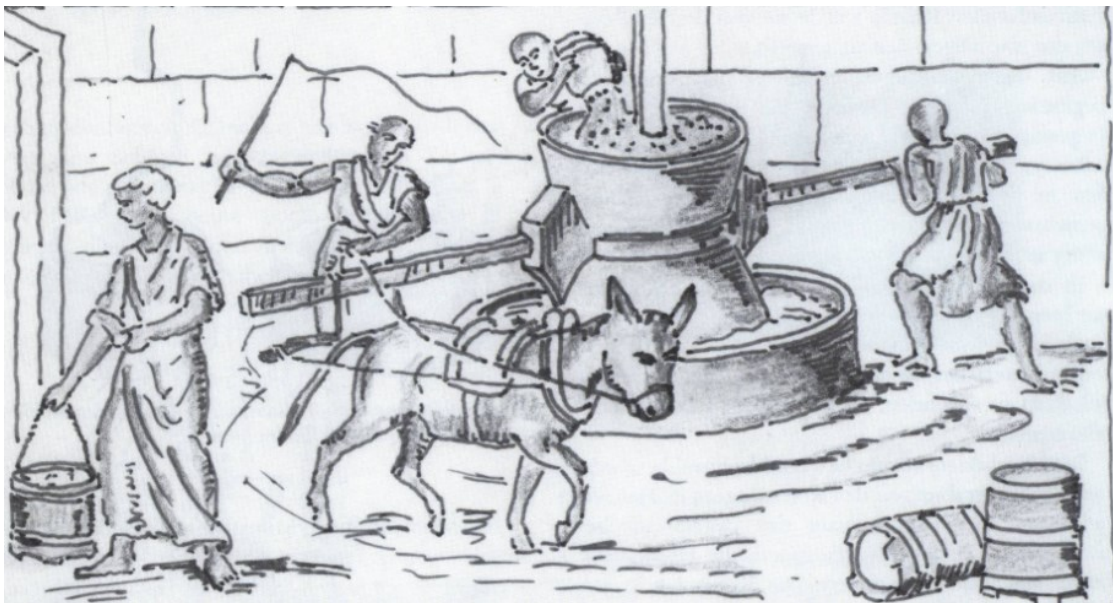
Drivetrain systems, muscle power, water power, wind power, steam power, combustion engines, electric motors

## Einführung

Schon zu allen Zeiten waren die Menschen bestrebt, sich durch den Einsatz von Hilfsmitteln das Leben zu erleichtern oder gar zu wahren. Die Erfindung des Rades ist bis heute der entscheidende Meilenstein in der Geschichte des Transports und die Grundlage zur Entwicklung aller Maschinen.

Handbetriebene Mahlsteine zur Zerkleinerung von Getreide waren kräftezehrend. Schon bald ersann man Hilfsmittel, um die Muskelkraft zu verstärken. Hierzu wurde das Mahlwerk mittels eines Hebelarms, an dem Menschen, zumeist Sklaven, sowie Tiere mit ihrer Kraft wirkten, in eine ständige Drehbewegung gesetzt (**Bild 1**).

Auf gleiche Weise wurden Schöpfräder zur Wasserhebung der Bewässerung betrieben. Möglicherweise entstammt der Begriff „Antrieb“ diesem Umstand, da in der Tat Menschen und Tiere zur steten Verrichtung der Arbeit angetrieben werden mussten.



**Bild 1:** Pferde getriebene römische Getreidemühle [1]

**Figure 1:** Horse driven Roman grain mill [1]

## Wasserkraft

Schon in der Frühzeit wurde die nicht ermüdende Kraft des fließenden Wassers genutzt. Erste Aufzeichnungen von Wasserrädern wurden schon ca. 3000 v. Chr. in Mesopotamien gefunden. Die Römer entwickelten diese zu Schiffsmühlen weiter und nutzten die Fließkraft der Flüsse (**Bild 2**).



**Bild 2:** System einer Schiffsmühle

**Figure 2:** System of a shipmill

Es sollen sich im Rhein im Bereich Köln und auch in der Lippe zahlreiche im Fluss verankerte Mühlen mit mehreren nebeneinander angeordneten Wasserrädern befunden haben, mit denen Getreide und andere Früchte aufbereitet wurden. Auch aus China war um die Zeitenwende die Nutzung der Wasserkraft bekannt. Um die „Fließkraft“ zu nutzen, tauchen mit Flügeln besetzte große Räder in das Gewässer ein (unterschlächtiges System). Die „Fließkraft“ des Wassers setzt dabei das Rad in Drehung und die „Drehkraft“ – Drehmoment – wird über die Achse auf die entsprechenden Arbeitsmaschinen übertragen. Rundum mit Stiften / Zapfen besetzten Holzräder ermöglichten die Kraftumleitung, das Ändern von Drehzahlen und Drehrichtung. Diese Holzräder kämmteneinander, daher auch der alte Begriff „Kammrad“ (**Bild 3**). Hieraus entwickelte sich das heutige Zahnrad mit all seinen auf die jeweilige Anwendung ausgebildeten Formen und Ausprägungen. Mit der Entwicklung der Gieß- und Schmiedetechnik wurden die Holzelemente zunehmend durch dauerhaftes Metall ersetzt. Diese einfachen Getriebe können im Grunde als Anfang des Maschinenzeitalters gesehen werden.



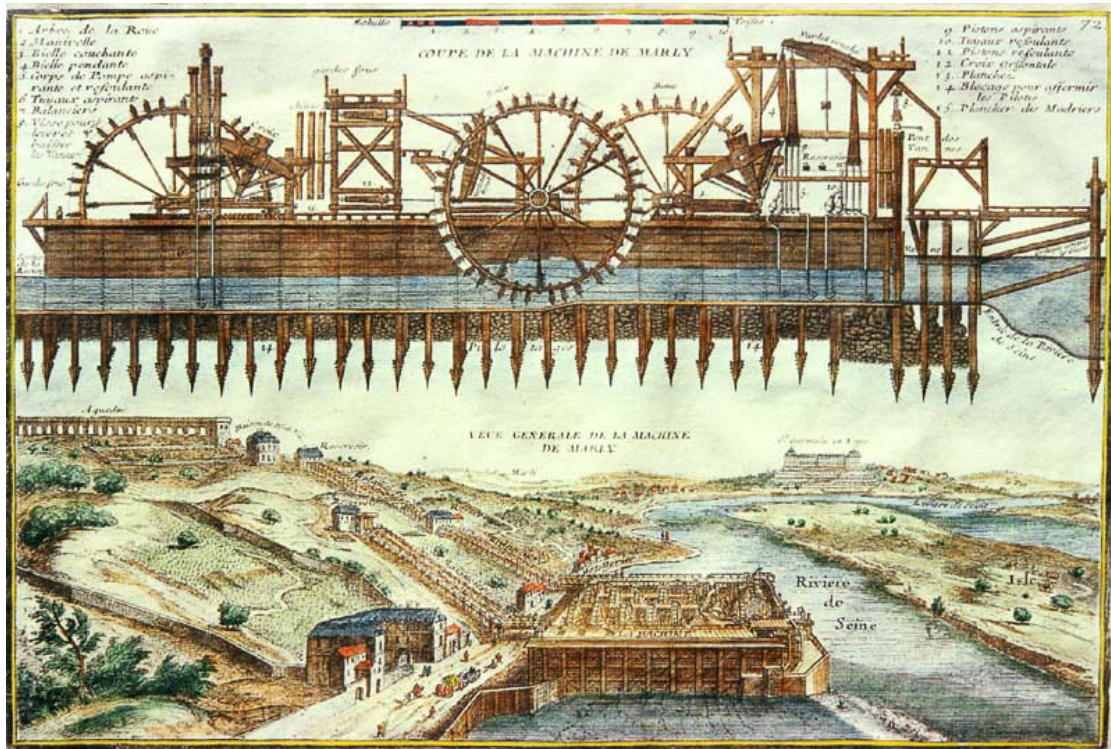
**Bild 3:** Mühlen – Kammradgetriebe [1]

**Figure 3:** Mill with cogwheel-type gears [1]

Da im Flachland häufig schnell fließende Gewässer fehlen, wurde Wasser in sogenannten Mühlteichen gespeichert und über ein Schleusensystem von oben, aber auch mittig auf die mit schaufelähnlichen Flügeln versehenen Räder geleitet. Dabei setzt neben der Fließkraft vorwiegend die Schwerkraft des Wassers das Rad in Drehbewegung (oberschlächtiges System). Diese Art der Nutzung der Wasserkraft war in sogenannten Wasserrechten geregelt, sodass für die Betreiber entsprechende Nutzungsrechte erforderlich waren, die vererbt wurden.

Wasserräder in unterschiedlichen Bauweisen fanden breite Anwendung, beispielsweise in Getreide- und Ölmühlen, in Bergwerken zum Antrieb von Fördereinrichtungen und zur Wasserhebung, zum Antrieb von Schmiedehämmern und Gebläsen in Hüttenwerken und Schmieden sowie Sägegattern. Aber auch für Schaulleffekte wurde diese Technik genutzt. Zum Betrieb der Wasserspiele im Garten von Versailles wurden im 17ten Jahrhundert in der Seine 14 im Verbund arbeitende Wasserräder mit einem Durchmesser von jeweils 12 m installiert. Diese betrieben 250 Pumpen, die pro Tag 2.500 m<sup>3</sup> Wasser 160 m hoch förderten. Da es zu dieser Zeit noch keine Rohre gab, die diesem Druck standhielten, wurde auf halber Höhe ein Zwischenspeicher angelegt, aus dem dann das Wasser mit zwei weiteren Pumpstationen bis zu den Gärten gepumpt wurde. Diese Pumpen wurden über sogenannte Feldgestänge (Wasserkunst) von den Wasserrädern angetrieben. Dabei wurden über einen Kurbeltrieb pleuelähnliche Gestänge in eine Hin- und Her-Bewegung versetzt, die es erlaubten, weit entfernte Pumpen oder Maschinen zu betreiben (Maschine von MARLY, **Bild 4**).





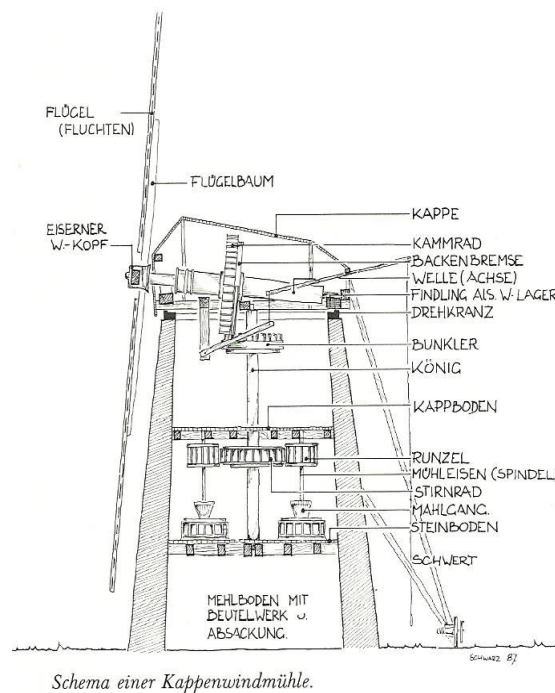
**Bild 4:** Querschnitt und Gesamtansicht der ersten Marly-Maschine [2]

**Figure 4:** Cross section and general view of the first Marly machine [2]

Die Bedeutung der über Jahrhunderte eingesetzten Wasserräder wird in einer Zählung des deutschen Kaiserreichs 1885 deutlich. Danach waren noch 54.530 Wassermühlen in Betrieb. Sie waren für Industrie und Handwerk eine sichere Antriebsquelle. Im Siegerland und Bergischen Land wurden wassergetriebene Schmiedehämmer noch bis in die Neuzeit genutzt.

### Windkraft

Der Wind stellt eine weitere Naturkraft dar. Auch diese wurde schon um die Zeitenwende genutzt. Erste Windmühlen sind uns aus dem arabischen und asiatischen Raum bekannt. In Europa fanden diese erst später eine allgemeine Verwendung. Besonders in den Niederlanden bewirkten die Flutkatastrophen eine wesentliche Weiterentwicklung und eine große Verbreitung (**Bild 5**). Die Sturmfluten des 11ten und 12ten Jahrhunderts führten zu großen Überschwemmungen mit großen Landverlusten. Für die Rückgewinnung musste in großflächigen Gebieten, die zum Teil unterhalb des Meeres liegen, das Wasser gehoben und daher in großen Mengen hoch gepumpt werden. Neben der Wasserhebung wurden Windmühlen auch zum Mahlen von Getreide, als Öl- und Walkmühlen eingesetzt. In den Niederlanden und auch in Norddeutschland bestimmten mehr als 10.000 Windmühlen das Landschaftsbild. Ebenso wie es für die Nutzung der Wasserkraft Nutzungsrechte gab, so galt dies auch für die Windkraft. Mühlenbesitz stellte somit ein besonderes Privileg dar und wurde besonders geschützt.



**Bild 5:** Schema einer Windmühle [1]

**Figure 5:** Scheme of a windmill [1]

In der Zählung des deutschen Kaiserreiches 1885 wurden noch 18.360 Windmühlen als Getreide- und Ölmühlen aufgeführt. Davon sind nur noch wenige Windmühlen erhalten. Sie sind eine beliebte Touristenattraktion und für Nostalgiker eine Erinnerung an die „Gute Alte Zeit“. Dies trifft ebenso auf die noch funktionsfähigen Wassermühlen zu.

### Muskelkraft von Mensch und Tier

Nicht überall waren die Bedingungen zur Nutzung der Naturkraft gegeben. Des Weiteren waren sowohl Wasser und Wind nicht immer im erforderlichen Maße und mit der erforderlichen Sicherheit verfügbar. Dies traf vor allem auf Bergwerke zu, bei denen eine verlässliche und kontinuierliche Wasserhaltung / Hebung für die Bergleute überlebenswichtig war. Daher mussten immer verfügbare Techniken eingesetzt werden. Neben handbetriebenen Winden wurde mittels Göpel die Muskelkraft von Pferden oder anderen Zugtieren genutzt. Göpel bilden ein speichenartiges Deichselsystem an einer drehbaren Achse (**Bild 6**). Vorgespannte umlaufende Zugtiere sorgten für die Drehbewegung. Diese wurde mittels eines Antriebsstrangs auf die außerhalb des Umlaufs befindlichen Antriebseinrichtungen / Arbeitsmaschinen übertragen. Durch den permanenten Rundlauf war eine dauerhafte Leistungsabgabe gewährleistet. Die Leistung war von der Anzahl der eingesetzten Zugtiere und deren Leistungsvermögen abhängig. Durch den steten Wechsel der ermüdeten Tiere war ein ständiger Betrieb möglich. Göpel wurden vorwiegend in Bergwerken, aber auch zum Antrieb von Sägewerken, Dreschmaschinen und anderen Einrichtungen bis in die Neuzeit, vorwiegend noch in der Landwirtschaft, eingesetzt.



**Bild 6:** Göpel, angetrieben durch Kühe [3]

**Figure 6:** Capstan, powered by cows [3]

Auf Baustellen und in Häfen wurden windenbetriebene Krananlagen zum Befördern von Baumaterialien und zum Be- und Entladen von Schiffen und Fuhrwerken benötigt. Dies konnte mit handbetriebenen Winden erfolgen. Doch weitverbreitet waren Windenantriebe, bei denen Treträder mit großem Durchmesser verwendet wurden, in deren Inneren Menschen, sogenannte Tretknechte, das Rad in die gewünschte Drehrichtung in Bewegung setzten (der Mensch im Hamsterrad, **Bild 7**).



**Bild 7:** Mittelalterliche Krananlage – Mensch im Hamsterrad [4]

**Figure 7:** People driven medieval crane system [4]



Auf diese Weise konnten schwere Lasten genau positioniert werden, wie es z.B. beim Einfügen von Bauelementen erforderlich ist. Über Jahrhunderte galt der Kran auf dem Turm des Kölner Doms als Wahrzeichen der Stadt, ebenso die noch heute erhaltene Krananlage in Danzig.

Im Textilgewerbe wurden Spinnräder und Webstühle sowie die Weiterverarbeitung der Textilien nahezu nur über Hand- und Fußkraft betrieben. Die Fertigungen wurden vorwiegend in Heimarbeit durchgeführt und waren nicht an anderweitige Antriebstechniken gebunden. Die Textilwirtschaft bildete eine alteingesessene angesehene Handwerkerzunft, die das sichere Einkommen über Generationen gewährleistete.

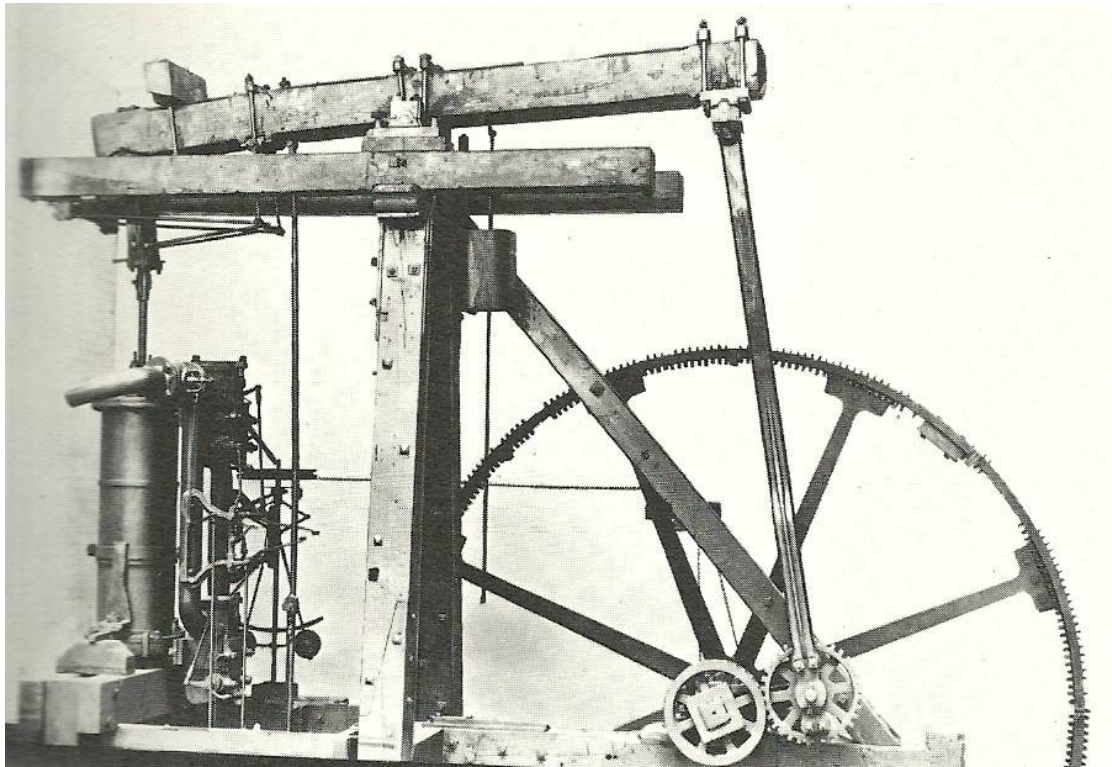
Die Techniken von Wasser-, Wind- und Muskelkraft wurden über Jahrtausende verfeinert und fortwährend weiter entwickelt, blieben aber in ihrem Ursprung erhalten.

Neben den zuvor behandelten Antriebssystemen war auch das Überland-Transportwesen auf die Muskelkraft von Tier und Mensch angewiesen. Reisen wurden mit Kutschen mit stemtem Pferdewechsel durchgeführt. Transportsysteme, die über Jahrtausende nahezu unverändert Bestand hatten. Treidelpfade entlang der Flüsse erinnern noch heute an diese Technik.

## **Nutzung fossiler Energieträger**

### *Zentralantriebe, Massenfertigung und Massentransport*

So ist es nicht verwunderlich, dass fortwährend nach Alternativen gesucht wurde. Die schon früh erkannte „Dampfkraft“ stand dabei im Vordergrund. Die ersten erfolgreichen Ansätze bildete die von NECOMEN entwickelte atmosphärische Dampfmaschine, die schon um 1720 Pumpengestänge auf- und abbewegen konnte und zur Wasserhebung in englischen Bergwerken eingesetzt wurde. Auf Grund des schlechten Wirkungsgrades fand sie jedoch keine große Verbreitung. Daher wurde nach Verbesserungen und Alternativen geforscht und experimentiert. Schließlich gelang James WATT 1782 mit der doppelwirkenden Dampfmaschine der Durchbruch.

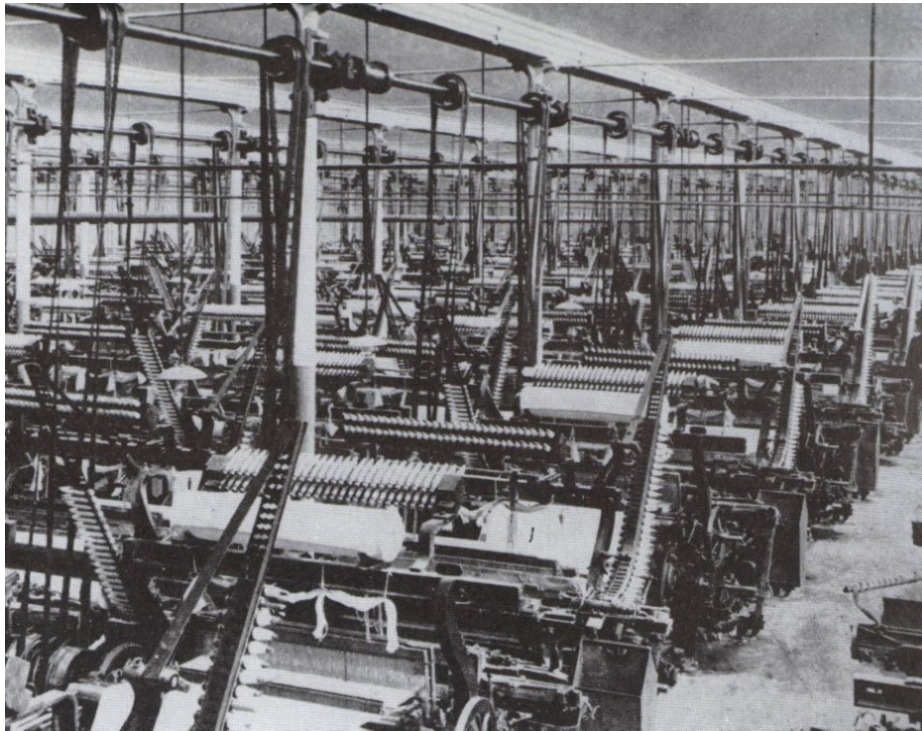


**Bild 8:** Dampfmaschine mit Planetengetriebe [4]

**Figure 8:** Steam engine with planetary gears [4]

Mit einem Planetenradgetriebe konnte die Auf- und Abwärtsbewegung der Kolbenstange in eine Drehbewegung überführt werden (**Bild 8**). Die Drehzahl wurde mittels eines neu entwickelten Fliehkraftreglers geregelt. Damit war erstmals eine Antriebsmaschine geschaffen, die unabhängig von bis dahin erforderlichen natürlichen Kraftquellen wie Wasser, Wind und Muskelkraft war. Ein unvergleichlicher Wandel in der Antriebstechnik wurde damit eingeleitet. Es war gleichzeitig der Beginn der Nutzung fossiler Energieträger. Die Dampfmaschine gilt als Triebfeder der industriellen Revolution.

Das schier unerschöpfliche Leistungsvermögen war Basis für die Industrialisierung vieler bis dahin handwerklich ausgeführter Tätigkeiten. Unter anderem war es Grundlage der industriellen Massenfertigung von Gütern aller Art, der Umgestaltung des Textilhandwerks zur sich schnell entwickelnden Textilindustrie sowie Ausgangspunkt vieler neuen Technologien. Über Transmissionen und Riementriebe konnten von der zentral aufgestellten Kraftmaschine ganze Maschineneinheiten dauerhaft mit bisher nicht vorstellbarer Effizienz betrieben werden (**Bild 9**). In der Folge führten diese gewaltigen Umbrüche des Arbeitslebens zu Aufständen und Streiks. Erinnert sei an die Weberaufstände im 19ten Jahrhundert. Auch die Pferdehalter waren betroffen, da die in großer Anzahl vorhandenen Zugtiere nicht mehr benötigt wurden.



**Bild 9:** Zentralantrieb über Transmissionen in der Textilindustrie [4]

**Figure 9:** Centralized belt style power transmission in the textile industry [4]

Um die Leistung der Dampfmaschine nachzuweisen, wurde deren Leistungsfähigkeit im Vergleich zu den Zugtieren in Pferdestärken ausgewiesen, eine bis heute erhaltene Maßeinheit (HP / PS).

Auch im Transportwesen trat mit der ersten Lokomotive von Robert STEPHENSON 1830 eine umwälzende Neuerung ein. Die Eisenbahn fand eine rasante Anwendung und war Ausgangspunkt für den Massentransport von Gütern und Personen. In Deutschland fuhr 1835 die erste Eisenbahn von Nürnberg nach Fürth. In nur 50 Jahren wurde in Deutschland eine Schienenstrecke von mehr als 40.000 km erstellt. Weltweit wurden in kurzer Zeit Eisenbahnstrecken von mehreren Tausend km errichtet. Mit bis dahin nicht vorstellbaren Geschwindigkeiten wurden weit entfernte Orte und Landschaften erreichbar. 1869 konnte die transkontinentale Eisenbahn, die den Atlantischen Ozean im Osten Amerikas mit dem Pazifik im Westen verbindet, vollendet werden. Die Reisezeit zwischen Ost- und Westküste verringerte sich von sechs Monaten auf nur eine Woche. Mit der Dampfmaschine war auch das Ende der Segelschiffe eingeleitet. In nur wenigen Jahren wurden diese durch Dampfschiffe abgelöst.

Zugtiere, die bisher für den Güter- und Personentransport erforderlich waren, wurden binnen kurzer Zeit abgelöst und waren überflüssig. Einem ganzen Gewerbebezirk der Pferdehalter wurde die Grundlage entzogen. Lediglich in der Landwirtschaft waren Pferde weiterhin unersetzbar.

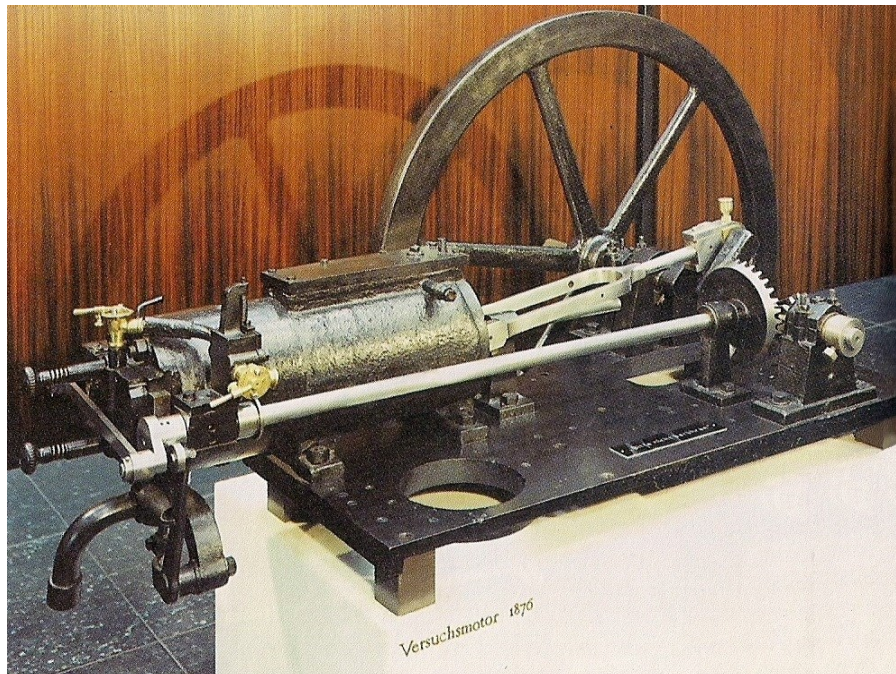
Die Dampftechnik mit Lokomobilen fand auch in der Landwirtschaft bei der Bodenbearbeitung und beim Antrieb von Dreschmaschinen Eingang. Jedoch blieben die Anwendungen weitgehend auf Großbetriebe beschränkt.



## Alternativen zur Dampfmaschine

### *Dezentrale Antriebe / Individualverkehr*

Die Dampfmaschine in all ihren Ausführungsformen und Anwendungen beflügelte in einem Zeitraum von 100 Jahren die industrielle Entwicklung sowie das Transportwesen zu Land und Wasser. Gleichzeitig ist sie die Keimzelle für Ideen und Forschung neuer Systeme, um von Einschränkungen, die diese Technik mit sich bringt, unabhängig zu werden. Sie ist vorwiegend nur für Großbetriebe geeignet und mit großen Investitionen verbunden. Für kleinere Gewerbebetriebe und Handwerker war sie in der Anschaffung und im Betrieb / Unterhaltung zu teuer. Daher bestand das dringende Bedürfnis nach kleineren und dezentral einsetzbaren Kraftmaschinen. Dem Franzosen LENOIR war 1860 der erste gebrauchsfähige Gasmotor gelungen. Nicolaus August OTTO entwickelte 1876 mit dem Viertaktmotor eine für kleine Gewerbebetriebe praktikable Lösung (**Bild 10**).



**Bild 10:** OTTO Vier Takt Verbrennungsmotor [4]

**Figure 10:** Four stroke combustion engine by OTTO [4]

1886 wird mit dem Patent- Motorwagen von BENZ der Grundstein für den Individualverkehr gelegt. Bei diesen in Fahrzeugen eingesetzten Motorantrieben war es bereits damals erforderlich, die erzeugte Drehkraft in räumlich versetzte Ebenen zu übertragen, wobei erstmals Antriebswellen mit an beiden Enden konzipierten Kreuzgelenken zum Einsatz kamen. Mit der Erfindung des DIESEL Motors, wenige Jahre später, wurden die Grundlagen neuer Antriebsysteme auch für große Leistungen ergänzt. Diese Verbrennungsmotoren fanden sehr schnell eine breite Anwendung und sind bis heute Basis unserer Mobilität zu Land und Wasser. Energieträger waren/sind Gas und flüssige Brennstoffe wie Benzin und Diesel. Lediglich die konventionellen Lokomotiven des Schienenverkehrs wurden erst in den 1950er Jahren endgültig durch Elektro- und Diesellokomotiven abgelöst.

### *Auswirkungen auf die Landwirtschaft*

Auch für die Mechanisierung der Landwirtschaft sind Antriebe von großer Bedeutung. Bis zum 18. Jahrhundert waren Bestell- und Erntearbeiten auf einfache Hand- oder Gespanngeräte angewiesen. Erst mit der Erfindung von Mäheinrichtungen für Getreide und andere Schnittgüter Mitte des 19. Jahrhunderts änderte sich dieser Zustand, jedoch waren diese Entwicklungen weiterhin auf die Muskelkraft angewiesen. Die Maschinen wurden von Gespannen gezogen. Über deren Räder erfolgten die für den Antrieb erforderliche Drehbewegung sowie die für die Funktionen erforderlichen rotierenden und auch oszillierenden Bewegungen. In kurzer Zeit folgten ergänzend weitere Geräte für die Arbeit in Feld und Hof. Diese Entwicklung war die Basis für die sich schnell entwickelnde Landmaschinenindustrie, die damit die bis dahin vorwiegend handwerkliche Fertigung von Geräten ablöste.

Die ersten Traktoren um die Jahrhundertwende 19./ 20. Jahrhundert wurden als reine Zugmaschinen eingesetzt und ersetzten die Zugtiere. Des Weiteren ermöglichte die Riemenscheibe auch stationäre Maschinen anzutreiben (**Bild 11**).



**Bild 11:** Traktor mit Riemenscheibe [5]

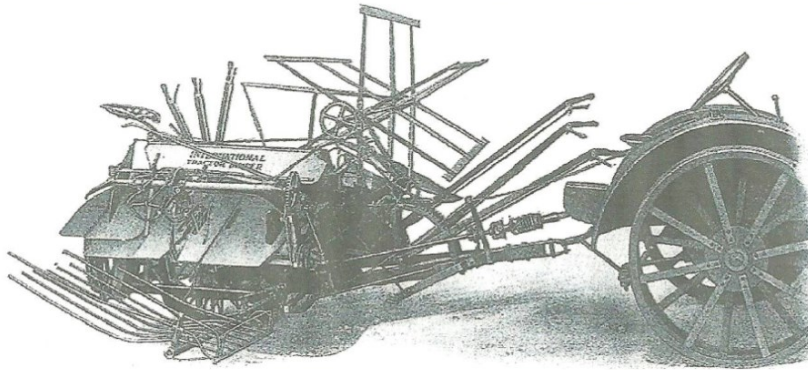
**Figure 11:** Tractor powered belt pulley system [5]

Erst mit der allgemeinen Einführung der Zapfwelle im Jahr 1917 durch IHC konnte die Motorkraft mit einer Gelenkwelle unmittelbar auf die Landmaschinen übertragen werden (**Bild 12**). Damit entwickelte sich der Traktor zur universellen Antriebsmaschine in der Landwirtschaft und löste auch hier die Muskelkraft der Zugtiere endgültig ab. Auch nicht über einen Bodenantrieb geführte Maschinen konnten so mittels Gelenkwelle angetrieben werden. Neben den Traktoren entwickelten sich später spezielle selbstfahrende Erntemaschinen mit komplexen Antriebssystemen.

Verbrennungsmotoren sind Basis aller Land- und Baumaschinen.



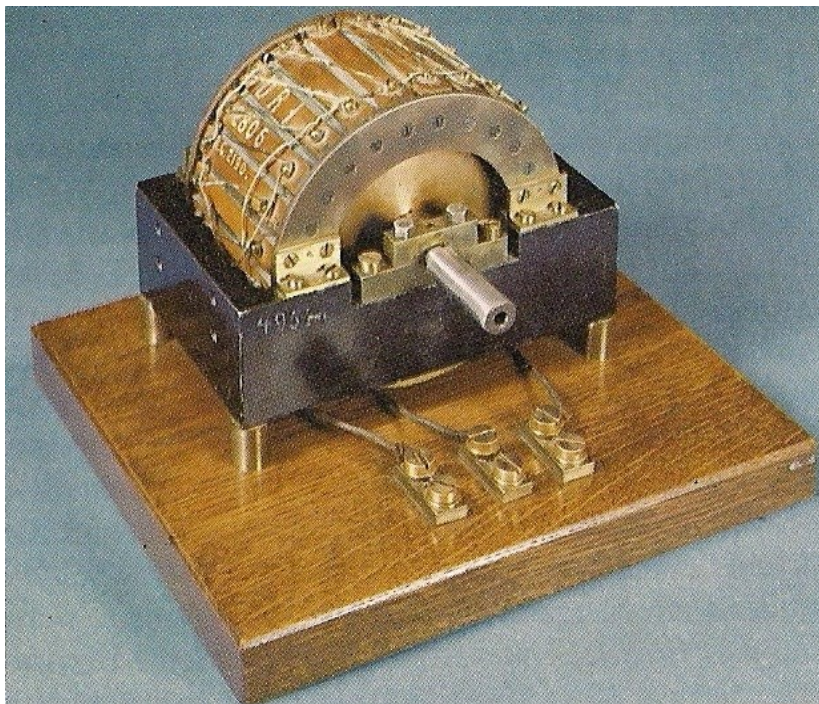
## International Tractor Binder



**Bild 12:** Traktor-Zapfwelle treibt über Gelenkwelle Arbeitsmaschine an [6]

**Figure 12:** Tractor powered articulated PTO-shaft on harvester machine [6]

Mit der Erfindung des Dynamos 1866 durch Werner von SIEMENS wurde die Basis für das elektrotechnische Zeitalter geschaffen (**Bild 13**). Elektrische Energie gilt als die universelle Energie für viele Einsatzfelder wie für Antriebe, Licht, Wärme, Chemie etc. Ein wesentlicher Vorteil ist, dass elektrischer Strom über große Entfernungen mit relativ geringen Verlusten übertragen werden kann. Allerdings muss diese Energie im Moment des Verbrauchs auch erzeugt werden. Die Speicherung großer Energiemengen ist bis auf Speicherkraftwerke bisher noch nicht in ausreichendem Maße gelungen. Das heißt Kraftwerke müssen immer die gleiche Energiemenge elektrischen Stroms erzeugen, wie diese momentan verbraucht wird. Daher sind große Leistungsreserven vorzuhalten.



**Bild 13:** SIEMENS Dynamo [4]

**Figure 13:** SIEMENS dynamo [4]

Konventionelle Kraftwerke nutzen wiederum weitgehend die Dampfenenergie, welche mittels der 1884 von Charles PARSONS entwickelten Dampfturbine die Generatoren antreibt. Die Dampferzeugung erfolgt mit fossilen Energieträgern in Verbrennungskraftwerken oder auch durch Nutzung der Atomenergie. Wenn Wasserkraft in ausreichendem Maße verfügbar ist, wird diese mit Wasserturbinen zum Antrieb der Generatoren genutzt.

Mit Verbrennungs- und Elektromotoren wurde der dezentrale Antrieb ermöglicht. Damit kann die Kraftquelle direkt an den Ort des Verbrauchs angeordnet werden. Die bei zentralen Antrieben erforderliche Kraftverteilung über Transmissionen und Riementriebe erübrigt sich. Neben dem Massenverkehr auf der Schiene, zu Wasser und auch in der Luftfahrt ermöglichten die Verbrennungsmotoren den Individualverkehr in bis dahin nicht gekanntem Maße.

Elektrische Antriebe haben in allen Lebensgebieten Anwendung gefunden, vom Betrieb ganzer Industrieanlagen sowie zur Nutzung in Haushaltsgeräten, Büromaschinen, Klimaanlage bis hin zu Ventilatoren und Lüftern in Computern. Eine gänzliche Aufzählung der Anwendungen ist schier unmöglich.

Zu erwähnen ist der Einfluss auf die Landwirtschaft, deren Betriebe häufig nicht ortsnah angesiedelt sind. Mit der Elektrifizierung konnten viele Einsatzgebiete in nicht zu erahndem Maß erschlossen werden, insbesondere in der Innenwirtschaft wie z. B. Hauswirtschaftsmaschinen, Melkmaschinen, Mühlen, Fördereinrichtungen.

Beide Systeme, Verbrennungsmotor und elektrischer Strom, führten zu vielen Innovationen und Entwicklungen der Antriebstechnik bis in die heutige Zeit. Die Grundprinzipien blieben jedoch über mehr als 100 Jahre erhalten.

## **Zusammenfassung**

### *Übergang zur Nutzung Regenerativer Energien*

Neue Herausforderungen bestehen in der Form der Energiegewinnung. Beim Betrieb von Verbrennungsmotoren, aber auch bei der Erzeugung elektrischer Energie werden weitgehend fossile Energieträger verbraucht. Diese sind nur endlich verfügbar. Des Weiteren entstehen bei deren Verbrennung Schadgase, die umweltschädlich sind. Daher findet seit Jahren eine Rückbesinnung, sogenannte Energiewende, auf natürliche Energieträger wie Wind, Wasser und Sonne statt. Die endgültigen Entwicklungen sind zurzeit noch nicht absehbar. Jedoch wird die Zukunft im Bereich des Verkehrs sowie in der Erzeugung elektrischer Energien und deren Nutzung von umwälzenden Innovationen geprägt sein.

## **Literatur**

- [1] Schwarz, A. und Fritsche, B.: Alte Mühlen im Münsterland. 2. Auflage. Münster: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung GmbH, 1991. ISBN: 978-3402052655.
- [2] N.N.: The Marly Machine. URL – <http://www.photo-museum.org/machine-marly-invention-niepce/> – Zugriff am 22. Dez. 2017.
- [3] Sauermann, D. und Schmitz, G.: Alltag auf dem Lande. 6. Auflage. Münster: Landwirtschaftsverlag Münster Hiltrup, 1995. ISBN: 978-3784325750.

- [4] Troitzsch, U. und Weber, W.: Die Technik – Von den Anfängen bis zur Gegenwart. 1. Auflage. Braunschweig: Georg Westermann Verlag, 1982. ISBN: 978-3145090129.
- [5] N.N.: Prospekt Hart Traktor. 1922.
- [6] N.N.: Katalog International Harvester. 1917.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Nienhaus, Clemens; Schott, Wilhelm: Historie der Antriebstechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-15

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151558>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/geschichte-antriebstechnik.html>



## **150 Jahre landtechnisches Lehramt an der Universität Halle – die Bedeutung der Landtechnik in Lehre und Forschung**

Axel Bachner, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

### **Kurzfassung**

Die Universität in Halle erkannte frühzeitig, bereits Mitte des 19. Jahrhunderts, die wachsende Bedeutung der Agrarwissenschaften und die resultierende Notwendigkeit, diese in die universitäre Forschung und Lehre einzubinden. Zu nennen sind unter anderen mit Julius Kühn die erstmalige Etablierung eines agrarwissenschaftlichen, universitären Lehrstuhls in Deutschland und zweitens die Ernennung von Emil Perels zum ersten landtechnischen Professor!

Heute benötigt die Universität neue Denkanstöße, um die erfolgreiche Geschichte in die Zukunft zu führen.

### **Schlüsselwörter**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Emil Perels, Landtechnik, landtechnisches Lehramt, Geschichte

## **150 Years Chair for Agricultural Engineering - Impacts on Research and Education**

Axel Bachner, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

### **Abstract**

In the mid 19<sup>th</sup> century the Martin-Luther-University in Halle (Saale) already recognized the growing importance of agricultural sciences and the ensuing necessity to include them in university research and teaching. Since then the university made some important decisions which left a significant mark on the history of agricultural sciences, such as the establishment of the first Chair for Agricultural Sciences in Germany and the appointment of Emil Perels as the first Professor of Agricultural Engineering.

Today the university needs to develop new ideas to carry the successful history into the future.

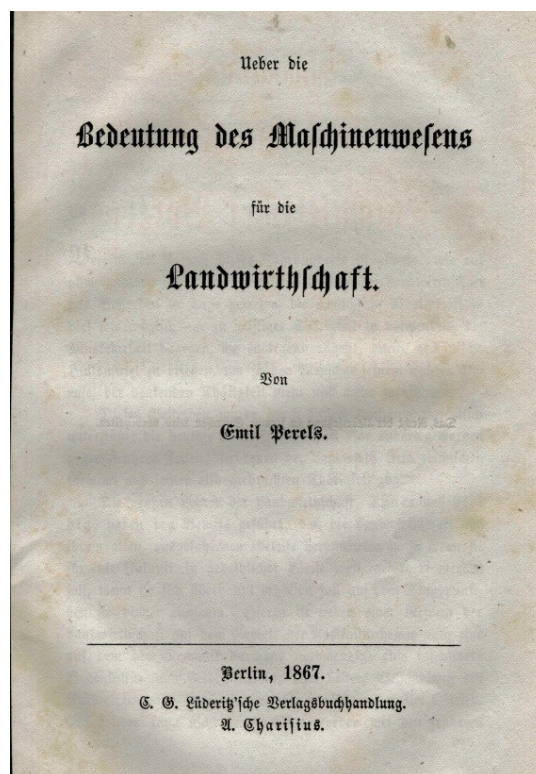
### **Keywords**

Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Emil Perels, agricultural engineering, chair for agricultural engineering, history of agricultural sciences

## Einführung

Vor 150 Jahren, in dem Jahr als er nach Halle berufen wurde, verfasste Emil Perels eine Schriftenreihe "über die Bedeutung des Maschinenwesens für die Landwirthschaft" [1]. In **Bild 1** ist die Ausgabe aus dem Jahr 1867 dargestellt. Perels beabsichtigte damit, die Landtechnik in ihrer grundsätzlichen Wichtigkeit für die weitere industrielle Entwicklung hervorzuheben.

In Abwandlung dieses Leitgedankens und anlässlich des 150-jährigen Jubiläums der landtechnischen Lehre und Forschung an der Universität Halle, wird der Frage nach der Bedeutung des Maschinenwesens in der universitären Ausbildung für die Agrarwissenschaften bis in die heutige Zeit nachgegangen.



**Bild 1:** "Ueber die Bedeutung des Maschinenwesens für die Landwirthschaft", Emil Perels, Berlin 1867 [1]

**Figure 1:** "Ueber die Bedeutung des Maschinenwesens für die Landwirthschaft" (About importance of engineering for agriculture), Emil Perels, Berlin 1867 [1]

## Das damalige Umfeld, der Beginn in Halle, Ehrung Perels

Mit der Berufung Julius Kühns im Jahr 1862 zum ordentlichen Professor für Landwirtschaft nahm die Universität Halle eine führende Rolle in Deutschland für viele Jahre ein. Beachtenswert war die Ernennung von Emil Perels (1867), einen der "Pioniere sowie ersten Lehrer und Forscher der Landtechnik" [2].

Die Universität Halle erkannte die Bedeutung der Landwirtschaft und im Speziellen die einer universitären landtechnischen Ausbildung. Zu würdigen ist dieser Schritt im Rahmen der nachfolgend beispielhaft genannten Geschehnisse des 19. Jahrhunderts:

- Die schnelle Entwicklung der Industrialisierung der kapitalistischen Wirtschaftsweise vor allem in Europa und Nordamerika (in der Zeitspanne von 1870 bis 1913 hat sich der Umfang der industriellen Produktion fast versechsfacht) [3].
- Der sich heranbildende technische Fortschritt (u.a. erstmals dargestellt auf Weltausstellungen, zum Beispiel 1851 in London, 1855 in Paris, 1862 in London, 1867 in Paris) [4].
- Die Auseinandersetzungen über die "höhere Ausbildung" für die Landwirtschaft (Beispiel: Albrecht Daniel Thaer 1810 an der Berliner Universität und Justus von Liebig 1862 als Präsident der Bayrischen Akademie der Wissenschaften) [5].
- Dem damaligen Ingenieurwesen, dem das ganze Gebiet der Landtechnik noch fremd war. "Man begegnete in technischen Kreisen der landwirtschaftlichen Maschine mit Verachtung" [5].

Ingenieure, die ihren beruflichen Schwerpunkt in die Landtechnikindustrie legten, waren kaum bekannt. Der junge Maschinenbau-Ingenieur (Berufsabschluss 1859) aus Berlin, Emil Perels (1837–1893), entdeckte diese Lücke. Aufgrund der Dynamik des Aufbruchs in der technischen Entwicklung interessierte er sich fortan für die Landmaschinenindustrie. "Perels hatte sich mit den technologischen Aufgaben dieses Zweiges vertraut gemacht. Er hob immer wieder den ersten Grundsatz der Konstruktion landwirtschaftlicher Maschinen hervor, dass es durchaus erforderlich ist, die Maschine der bestehenden Landwirtschaft anzupassen, nicht aber umgekehrt die Landwirtschaft der Maschine" [5].

"Emil Perels sah es als das wesentliche Problem, dass sich aus den neuen Anforderungen an den Landmaschinenbau ergab, die Notwendigkeit, Konstrukteure für diesen Zweig auszubilden. Er fasste den Plan, ein umfangreiches Werk, ein Handbuch zur Konstruktion landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte zu schreiben" [5]. Perels verwies darauf, dass das landwirtschaftliche Maschinenwesen seit der ersten Londoner Industrieausstellung 1851 einen solchen Umfang angenommen hat, "dass es ein dringendes Bedürfnis für den Techniker ist, Gelegenheit zum Studium desselben zu erhalten." "Mit dem Handbuch begründete Emil Perels seinen Ruf als Ingenieurwissenschaftler" [5].

Die Universität hatte mit Perels einen Lehrer berufen, welcher sich zunächst darauf konzentrierte, die "Vorzüge des Landmaschineneinsatzes zu preisen", wie er es ausdrückte und damit "dem Studierenden hauptsächlich den Umgang mit diesen zu lehren". Perels schrieb dazu: "...wie in allen anderen industriellen Gebieten ist das Bestreben zu Tage getreten, die menschliche Arbeitskraft so viel wie möglich nur zu geistiger Tätigkeit zu verwenden ... da die Entwicklung der Landwirthschaft selbst Hand in Hand geht mit der Anwendung und Verbreitung der landwirthschaftlichen Maschinen" [1].

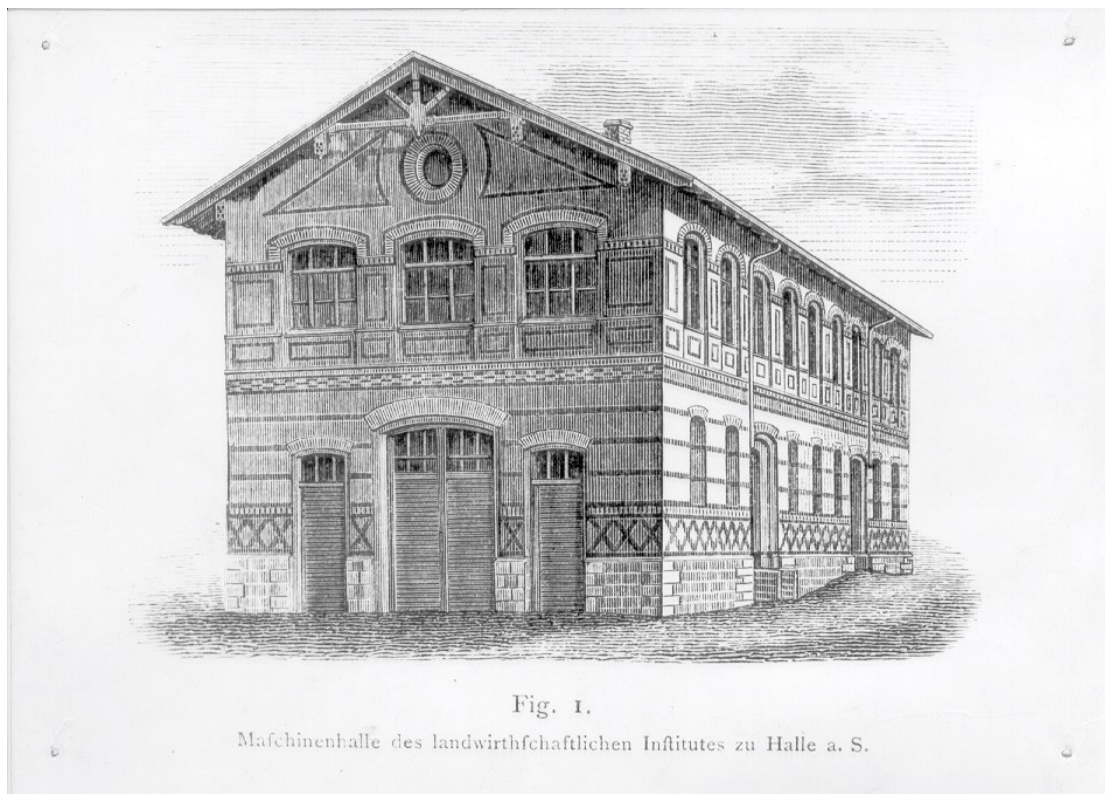
## Bedeutung der Landtechnischen Lehre und Forschung bis zum 2. Weltkrieg

Obwohl Perels Berufung nach Wien für Halle bedauerlich war, wurden in der Zeit danach seitens der Universität weitere bedeutende Persönlichkeiten berufen (Vergleich: "Landtechnisches Lehramt an der Universität Halle/ Besetzungen der Stelle" in der Anlage).

Die enge Verbindung des landtechnischen Lehrstuhls mit der Prüfstation für landwirtschaftliche Maschinen und Geräte hatte den Vorteil einer praxisnahen Ausbildung. Die Maschinen konnten für Übungen und Vorführungen genutzt werden.

In Halle waren die berufenen Personen auch Geschäftsführer der Prüfstation. Eingerichtet wurde sie erstmals mit der Berufung von Emil Perels. Seit diesem Zeitpunkt konnten die Menge und die Qualität der Prüfungen ständig erhöht werden. Die Prüfstation erlangte bis einschließlich der Amtszeit von Benno Martiny eine überregionale Bedeutung [6]. In der Zeit von 1922 bis 1937 wurde unter der Leitung von Martiny auch ein "Prüfungsamt für Milchgeräte" geführt [3].

Am Beispiel des Tätigkeitsberichtes der Prüfstation über die Zeit von 1901 bis 1905 kann aufgezeigt werden, dass bereits unter Alwin Nachtweh im genannten Zeitraum 60 Maschinen und Geräte geprüft werden konnten [7].



**Bild 2:** Maschinenhalle des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Halle [8]

**Figure 2:** Workshop and test hall of the institute for agricultural engineering [8]

Die erste Maschinenhalle befand sich, wie im **Bild 2** dargestellt, in einem Gebäude des damaligen landwirtschaftlichen Institutes. In den späteren Jahren wurden größere Gebäude

und Maschinenhallen erworben oder neu gebaut. Martiny formulierte den Wunsch nach einem größeren Gebäude folgend: "Platzmangel zwingt dazu, die Zahl der in der Halle ausgestellten Maschinen, die von der Landmaschinenindustrie kostenlos zu praktischen Übungen zur Verfügung gestellt werden, stark zu beschränken". Ein Neubau wäre wünschenswert, um die Arbeitsmöglichkeiten der "heutigen Bedeutung der Landmaschine anzupassen" [3].

Mit der Bildung von fünf selbständigen Instituten im Jahr 1920, entstand auch das Institut für Landwirtschaftliche Maschinen und Gerätekunde, "dessen erster Direktor Prof. Martiny wurde" [6].

Unter diesen günstigen Voraussetzungen verlagerte sich Ende der 30er Jahre der Fokus der halleschen Landtechnik vom Testwesen in Richtung Forschung mit einem Schwerpunkt in der Sonderaufgabe "Untersuchungen über Maschineneinsatzmöglichkeiten beim Zuckerrübenanbau" [3]. Diese Arbeit erstreckte sich nicht nur auf Untersuchungen bestehender Verfahren und Maschinen, "sondern auf die Entwicklung neuer Verfahren zur Verringerung des Aufwandes für das mühsame Vereinzeln der Rüben" [3]. Wilhelm Knolle, Nachfolger von Martiny, wurde durch seine Arbeiten zur Segmentierung von Zuckerrübensamen und seine Forschung auf dem Gebiet "der Aussaat- und Erntetechnik in der Zuckerrübenproduktion bekannt" [6]. Bemerkenswert ist dies deshalb, weil dieser Forschungsschwerpunkt bis in den Anfang des 21. Jahrhunderts, also etwa 70 Jahre, bearbeitet wurde und den Höhepunkt in der eigenständigen Entwicklung von Einzelkornsämaschinen fand.

Benno Martiny prägte fast 30 Jahre die Lehre und Forschung in der Landtechnik an der Universität Halle. Am 24.05.1921 erfolgte die "Umwandlung des bisherigen Extraordinariates und er wurde zum Ordinarius für Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde berufen" [6]. Zum Ende seiner Amtszeit formulierte er die zentralen Aufgaben wie folgt: "Damit erwachsen den Landmaschinen-Instituten zwei wichtige Aufgaben: einmal an der Entwicklung und Erprobung neuer Maschinen und Geräte mitzuwirken und zum anderen die Studierenden der Landwirtschaft, die später überwiegend als Berater tätig sind, in der Maschinenkunde und Maschinenbehandlung gründlich auszubilden" [3].

Martiny sah aber auch, dass es sich bei der Ausbildung nicht allein um das Verstehen der Funktionsweise der Maschinen handeln sollte. Ursprünglich bestand das Studium schwerpunktmäßig in der Anwendung der Maschinen. Jedoch "der Student möge sich Kenntnisse der Bauart der Maschinen weniger rezeptiv in beschreibenden Vortrag als produktiv in Übungen der Inbetriebsetzung und Störungsbeseitigung an den Maschinen erwerben" [3]. Die hierdurch freiwerdende Zeit möge verwandt werden, "um die Gesichtspunkte für erforderliche Maschinenanwendung zu entwickeln und eine Vorstellung der Größenordnung und der Beziehungen zwischen den für Maschinen getätigten Aufwendungen und den durch sie gewonnenen Erhöhungen der landwirtschaftlichen Erzeugung und des Reingewinns zu geben" (Aufgaben des Unterrichts in der Landmaschinenkunde von Professor Dr. Benno Martiny) [3].

## **Bedeutung der Landtechnischen Lehre und Forschung in der DDR**

Nach dem 2. Weltkrieg veränderte sich schrittweise der Charakter des Landmaschinenwesens an der Universität Halle, getrieben insbesondere durch die staatliche Lenkung in der DDR. So wurden auch die Aufgaben für die Bereiche Forschung und Lehre staatlich formuliert: "Den akademischen Bildungseinrichtungen unseres sozialistischen Staates wurde aufgetragen, die Fortentwicklung der Wissenschaftszweige und Disziplinen kontinuierlich und in der dialektischen Einheit von Differenzierung und Integration zu gewährleisten. Ausdruck dieser Entwicklung war in unserem Umfeld die Einrichtung des neuen Lehrgebietes "Technologie" an der Sektion und die Zusammenfassung von "Landtechnik" und "Technologie" in einem gemeinsamen Wissenschaftsbereich" [9]. Zum Leiter des neuen Wissenschaftsbereiches wurde Karl Herrmann ernannt. "Herrmann gehört zu den Wissenschaftlern, die ab den 1960er Jahren neben ihrer Lehrtätigkeit die Einführung industriemäßiger Produktionsmethoden in den landwirtschaftlichen Großbetrieben der DDR wissenschaftlich begleitet haben" [2].

Der neuen Wissenschaftsdisziplin "Technologie" (vergleichbar mit Verfahrenstechnik) wurden vier Funktionen als Grundlage ihrer wissenschaftlichen Arbeit zugeordnet:

- "Integrationsfunktion: Zusammenführen von Erkenntnissen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen und Elementen des Produktionsprozesses.
- Entwicklungs- oder Simulationsfunktionen: Entwickeln neuer Verfahren, Wirk- und Verfahrensprinzipien, technischer Systeme und Arbeitsgegenstände.
- Umsetzungs- und Umwälzungsfunktionen: Nutzbarmachen von Ergebnissen der naturwissenschaftlichen und technischen Forschung durch die Technologie.
- Gestaltungsfunktion: Arbeitsmethode der technologischen Projektierung" [10].

"Zur Wissenschaftskooperation auf allen wichtigen Gebieten der Standortforschung, des Acker- und Pflanzenbaues und des Pflanzenschutzes, der Züchtung, der Technologie und der Ökonomik" bestanden "vertragliche Vereinbarungen der Zusammenarbeit" [9].

In den Hochschulen der DDR gab es "in der Regel nur aus dem Haushalt finanzierte Planstellen für alle Mitarbeiter. Forschungsthemen wurden mit der Akademie, der Industrie und staatlichen Institutionen vereinbart und von diesen finanziert" [10].

Hierbei bildeten sich zwei große Forschungsschwerpunkte für die Universität Halle heraus:

1. "Mechanisierung und Technologie der Zuckerrübenproduktion mit dem Schwerpunkt Standraumzumessung einschließlich Einzelkornsämaschine und Rationalisierung des Arbeitsabschnittes Ernte". Dabei entstand "die erste Vertragsforschung mit der Industrie, mit dem damaligen VEB Landmaschinenbau Bernburg, auf Basis eines Ministerratsbeschlusses: Entwicklung einer Einzelkornsämaschine" [11].
2. "Mechanisierung und Technologie der Druschfruchtproduktion mit dem Schwerpunkt Verfahren und Mechanisierungsmittel zur Korn- und Strohernte" [11].

Mit diesen und weiteren grundlegenden Arbeiten zur Standraumzumessung in der Zuckerrübenproduktion gelang es Konrad Riedel, "einen Beitrag zur internationalen Anerkennung der DDR zu leisten" [11]. Riedel "war 36 Jahre im Dienste der Wissenschaft und der Praxis

sowie ein viertel Jahrhundert Professor des Institutes für landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde" [11].

Die Forschungsaufgaben in der Getreideernte "konzentrierten sich auf die technologische Erprobung der Mähdrescher E 512 und E 516". Unter der Leitung "von Prof. Herrmann konnten Schlussfolgerungen zum effektiven Einsatz und zur Vervollkommnung der Untersuchungsmethodik abgeleitet werden" [11].

Wesentliches Ziel der Staatsentwicklung der DDR war u.a. die Bildung landwirtschaftlicher Großbetriebe und damit verbunden das Ziel einer industrialisierten Landwirtschaft. Das Erreichen dieses Ziels und die erhoffte Produktionssteigerung sollten durch die universitäre Forschung und Lehre begleitet und mitgetragen werden. Den Studierenden wurden Kenntnisse und Fähigkeiten zur "Auswahl, Beurteilung, Kombination und zum Einsatz von Mechanisierungs- und Automatisierungsmitteln vermittelt" [10].

Wegen der sehr späten Zuordnung der "Arbeitswissenschaft" zur Agrartechnik wird dieses bedeutende Fachgebiet hier nicht weiter betrachtet. Es sei aber erwähnt, dass die arbeitswissenschaftliche Ausbildung seit 1952 (damals von Georg Derlitzki wahrgenommen) an der Landwirtschaftlichen Fakultät angesiedelt war. Derlitzki gilt als Mitbegründer der Arbeitswissenschaft in Deutschland.

### **Bedeutung der Landtechnischen Lehre und Forschung nach der deutschen Wiedervereinigung**

Das Ende der DDR und die Vereinigung der beiden deutschen Staaten leitete eine neue schwierige Zeit des Umbruchs und der Neuorientierung ein, wie es sie während der 150-jährigen Geschichte des landtechnischen Lehramtes immer wieder gab. Allerdings betrafen diesmal die Änderungen weniger die inhaltliche Ausrichtung von Forschung und Lehre, die naturgemäß freier gestaltet werden konnte, als vielmehr die finanziellen, personellen und sonstigen strukturellen Rahmenbedingungen, die zunehmend durch Sparzwänge und durch die vermeintlich gelöste Frage der Bereitstellung von Nahrungsmitteln dominiert wurden.

An der Universität Halle erfolgte 1991 die Neugründung der Landwirtschaftlichen Fakultät. Zu den gebildeten Instituten gehörte auch das Institut für Agrartechnik und Landeskultur.

Durch das Institut wurden die bewährten Forschungsthemen fortgesetzt und durch aktuelle ergänzt. Für den Zeitraum bis 2010 lassen sich folgende Schwerpunkte zusammenfassen [12]:

- Mechanisierung und Technologie der Zuckerrübenproduktion,
- Mechanisierung und Technologie der Druschfruchtproduktion,
- Automatisierungstechnik,
- Modellierung verfahrenstechnischer Abläufe in der Landwirtschaft,
- Haltungs- und Fütterungssysteme in der Schweinehaltung,
- Eingrenzung und Beseitigung von Problemen auf dem Gebiet des Stallklimas,



- Energetische Nutzung von Biomasse,
- Fahrzeugdynamik und Fahrtriebstechnik.

Die sehr erfolgreich geführten Forschungsarbeiten im Bereich der Landeskultur werden hier deshalb nicht genannt, weil sich diese Überlegungen ausschließlich auf die Gebiete der Land- und Verfahrenstechnik beschränken.

In den Jahren um die Jahrtausendwende erfolgten sowohl auf den Gebieten der Verfahrenstechnik, als auch der Landtechnik Berufungen von Persönlichkeiten, die in ihren heutigen Wirkungsstätten hoch anerkannte Wissenschaftler sind (Klaus Höhn, Peter Pickel, Wolfgang Büscher). Allerdings wurden dann frei gewordene Stellen in allen Personalebene über lange Zeit nicht wieder besetzt. Dies ließ sich zunächst damit erklären, dass in der DDR der Bereich Landtechnik zu einem personell überproportional großen Bereich entwickelt wurde und deswegen nach der deutschen Wiedervereinigung ein langfristiger Personalabbau erfolgte. Gleichzeitig gingen zeitweise die Studierendenzahlen zurück.

Hinzu kam der Umstand, dass an allen Hochschulen in Deutschland, meist in Verbindung mit dem altersbedingten Ausscheiden der jeweiligen Stelleninhaber, Verzögerungen hinsichtlich einer erneuten Berufung vorhanden waren.

Einer der bedeutendsten Agrartechniker der letzten Jahrzehnte, Bernard Krone (Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG), sah sich im Jahr 1999 zu einem dringlichen Appel veranlasst: "in der Vergangenheit haben wir im Zusammenspiel zwischen Züchtung, Chemie und Landtechnik den Landwirten zur größten Produktivitätssteigerung verholfen, die überhaupt in unserer Volkswirtschaft erreicht wurde. In die Zukunft projiziert heißt das für die Menschen, dass wir mehr denn je Ingenieure brauchen" [13].

Die Hersteller im VDMA und die Ingenieure der Max-Eyth-Gesellschaft im VDI machten im Jahr 2007 auf den Abbau von Forschung und Lehre aufmerksam. Sie warnten vor dem "Niedergang der Agrartechnik" an deutschen Hochschulen. Obwohl "die deutsche Agrartechnikbranche weltweit führend ist", wird der Alltag von Mittelkürzungen und Stellenstreichungen geprägt [14].

2006 wurde die Landwirtschaftliche Fakultät in Halle aufgelöst und künftig als Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften in einem Verbund mit Geowissenschaften und Informatik in der Naturwissenschaftlichen Fakultät III geführt.

Das ehemalige Institut für Agrartechnik und Landeskultur bildete jetzt den Institutsbereich Agrartechnik.

Durch den fortschreitenden Personalabbau und die weiterhin verzögerten Berufungen konnten die oben genannten Forschungsthemen immer weniger bearbeitet werden.

Hinsichtlich der Besetzung des Lehramtes kann in der Gesamtbetrachtung festgestellt werden, dass seit 1867 bis zum Jahr 2010 die Stelle für Landtechnik (Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde, Landtechnik und Technologie) lückenlos besetzt war. Lediglich während des 2. Weltkrieges gab es eine vierjährige Vakanz (Vergleiche Anlage: "Landtechnisches Lehramt an der Universität Halle/ Besetzungen der Stelle").

Es ist höchste Zeit zu fragen: Ist der anfangs formulierte Leitgedanke von Emil Perels aus der Zeit vor 150 Jahren heute nicht mehr aktuell? Dabei ist die Bedeutung des Maschinenwesens für die Landwirtschaft doch heute eine sehr viel Höhere als damals.

Die aufgeworfenen Fragen von Martiny zur landtechnischen Ausbildung der Studierenden sind heute noch aktuell und nicht allein für die damalige Zeit bestimmt gewesen. Und die Erkenntnisse aus der Technologie (Verfahrenstechnik) sind heute nicht weniger gegenwärtig.

Inzwischen gibt es hinreichend Ingenieure, die sich der Landtechnik widmen, trotz des allgemein beklagten Fachkräftemangels. Daher ist es weder hilfreich noch zielführend, ein zu düsteres Bild zu malen. Hochschulen und Universitäten, hier insbesondere die Fachhochschulen in Deutschland, haben reagiert.

Aber wo steht das Land Sachsen-Anhalt? Die landwirtschaftlichen Betriebe (ca. 4.300) sind etwa 4,5 mal so groß wie im Bundesdurchschnitt, bei einer Durchschnittsgröße von 281 Hektar [15].

Mit 21.815 Beschäftigten und einem Umsatz von 7,7 Mrd. Euro (2012) ist die Nahrungsmittelindustrie die umsatzstärkste und beschäftigungsintensivste Branche in Sachsen-Anhalt [16].

Damals wie heute gibt es eine sogenannte industrielle Revolution: "Die Wirtschaft steht an der Schwelle zur vierten industriellen Revolution. Durch das Internet getrieben, wachsen reale und virtuelle Welten zu einem Internet der Dinge zusammen. ... Maschinen, die miteinander kommunizieren, sich gegenseitig über Fehler im Fertigungsprozess informieren, knappe Materialbestände identifizieren und nachbestellen – das ist eine intelligente Fabrik" [17].

Gefördert vom Land Sachsen-Anhalt wurde ein Partnernetzwerk "Wirtschaft 4.0, Sachsen-Anhalt" unter Beteiligung von Unternehmen und Hochschulen gegründet. Dabei zählt die "Ernährung und die Landwirtschaft" zu den "Leitmärkten in Sachsen-Anhalt" [18].

Die Qualifizierung für Industrie 4.0 bleibt dabei nicht nur auf die berufliche Aus- und Weiterbildung beschränkt, sondern schließt auch die Hochschulen und Universitäten ein.

"Die zunehmende Vernetzung, Flexibilität und Komplexität der Prozesse stellen neuartige Anforderungen an die Kompetenzen in Unternehmen und die Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter" [19].

Die Landtechnikbranche ist heute schon in der Lage, hochmoderne Maschinen intelligent zu vernetzen. Das Beispiel im **Bild 3** verdeutlicht den technischen Fortschritt allein auf der Ebene einer Maschine. Die komplette Vernetzung mehrerer Maschinen und letztendlich des gesamten Betriebes wird in den nächsten Jahren realisiert werden.



Automatisierung  
Emissionen  
Elektrifizierung / Datenmanagement  
Telematics  
Komfort

**Bild 3:** Trends in der landtechnischen Entwicklung am Beispiel einer selbstfahrenden Kartoffelvollern-Maschine, nach [20]

**Figure 3:** Trends in the development of agricultural technology, exemplified by a self-propelled potato harvester [20]

"Wichtige Stellschrauben sind dabei die Rahmenbedingungen der Aus- und Weiterbildung in Schulen, Hochschulen und Universitäten sowie in den Betrieben, die Unterstützung der Unternehmen bei der Gestaltung des Wandels sowie die Anpassung der Inhalte, Methoden und Geschäftsmodelle von Bildungsanbietern und -institutionen. Aufgrund der Dynamik und Geschwindigkeit der industriellen Revolution ist zudem eine kontinuierliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Gestaltungsansätze erforderlich" [19].

Wenn die Universität Halle die erfolgreiche Geschichte der landtechnischen Lehre und Forschung fortsetzen und der Bedeutung des Maschinenwesens in den Agrarwissenschaften gerecht werden will, dann muss eine in die Zukunft gerichtete Professur wieder besetzt werden. Eine solche Professur sollte folgende Elemente beinhalten:

- Grundlagen,
- Energietechnik,
- Arbeitswissenschaft,
- Maschinen- und Gerätekunde, Sensortechnik,
- Verfahrenstechnik,
- Digitalisierung / Informatik / Automatisierung.

Die Verbindung der letzten drei Aspekte beinhaltet die Weiterentwicklung der Leitprinzipien der Präzisionslandwirtschaft in Hinblick auf eine ressourcenoptimierte digitale Landwirtschaft, die heute auch häufig als "Smart Farming" bezeichnet wird und als wichtigste technologische Tendenz der Agrarwirtschaft verstanden wird. Die Universität Halle hätte ideale Voraussetzungen, um diese Thematik zu adressieren. So gibt es eine nicht besetzte Professur Landtechnik und eine möglicherweise gut nutzbare enge Bindung an die Informatik im Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften. Inzwischen haben die verfahrenstechnisch orientier-

ten Arbeitswissenschaften an keinem der deutschen Agrartechnikinstitute mehr eine adäquate Heimstatt. Mit einer erneuten Etablierung könnte Halle ein Alleinstellungsmerkmal erfüllen. Allein: es fehlt an der Berufung eines Nachfolgers von Emil Perels.

### **Zusammenfassung**

In Abwandlung des Leitgedankens, welchen Emil Perels mit der Schriftenreihe "über die Bedeutung des Maschinenwesens für die Landwirtschaft" prägte und anlässlich des 150-jährigen Jubiläums der landtechnischen Lehre und Forschung an der Universität Halle, wird der Frage nach der Bedeutung des Maschinenwesens in der universitären Ausbildung für die Agrarwissenschaften bis in die heutige Zeit nachgegangen.

Perels Verdienste um die Landmaschinentechnik in seinen relativ kurzen Wirkungszeiten in Berlin und Halle sind kaum zu überschätzen. Sie lagen insbesondere in seinen beiden Schriften aus dieser Zeit ("Handbuch zur Anlage und Konstruktion landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte" und "Rathgeber bei Wahl und Gebrauch landwirtschaftlicher Geräte und Maschinen") sowie im Bemühen um den Abbau bestehender Vorbehalte zwischen Landwirten und Ingenieuren. Seine Bestellung in Halle als erster Wissenschaftler für Landwirtschaftliches Maschinenwesen an einer deutschen Universität (ab 1868 Lektor; ab 1872 a.o. Professor) geht auf den weitsichtigen Einfluss Kühns zurück.

Seither gab es an der Universität in Halle entscheidende Weichenstellungen, die unverrückbar und markant mit der Geschichte der Agrarwissenschaften verbunden sind.

Die Entwicklung der landtechnischen Forschung und Lehre ist elementarer Bestandteil einer bedeutenden und erfolgreichen Entwicklung der Agrarwissenschaften an der Universität Halle und auch global. Die Liste "Landtechnisches Lehramt an der Universität Halle/ Besetzungen der Stelle" im Anhang belegt die Stetigkeit des Lehramtes seit 1867.

Heute benötigt die Universität neue Denkanstöße, um die erfolgreiche Geschichte in die Zukunft zu führen.

### **Literatur**

- [1] Perels, E.: Über die Bedeutung des Maschinenwesens für die Landwirtschaft. C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung, Berlin 1872.
- [2] Krombholz, K.: Über die Institutionen und Personen der landtechnischen Ausbildung und Forschung im 19. und 20. Jahrhundert in Deutschland. Förderverein des Deutschen Landwirtschaftsmuseums e.V., Stuttgart 2015, ISBN: 978-3-9817225-0-5.
- [3] Festschrift zum 75jährigen Bestehen der Landwirtschaftlichen Institute der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Kühn – Archiv, Verlagsbuchhandlung Paul Parey Berlin, 1938.
- [4] Piersig, W.: Ein Exkurs durch die bedeutendsten Weltausstellungen von 1851 bis 2005 für Fachleute, Interessierte und Laien. 2007, ISBN: 9783638892742.

- [5] Emil Perels, Begründer der landtechnischen Ausbildung. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Teil 1 (Biografie), 1988. In: Wissenschaftliche Beiträge der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg (2. Heinrich-Heyde-Kolloquium anlässlich des 150. Geburtstages von E. Perels am 11. September 1987 in Berlin).
- [6] Riedel, K.; Krupp, G.: 40 Jahre Institut für landwirtschaftliche Maschinen und Gerätekunde. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Halle, 1960.
- [7] Tätigkeitsbericht der Prüfstation über die Zeit vom Juli 1901 bis Mai 1905. Leipzig 1906, Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.
- [8] Wüst, A.: Jahresbericht über Fortschritte im landwirtschaftlichen Maschinenwesen. 2. Jahrgang, Berlin 1876.
- [9] Liste, H.J.: Entwicklung und Aufgaben der landwirtschaftlichen Lehre und Forschung an der Universität Halle-Wittenberg. In: "125 Jahre Landwirtschaftliches Institut, Wissenschaftliche Tagung der Sektion Pflanzenproduktion der Martin-Luther-Universität", 5. bis 7. Juli 1988, Teil 1.
- [10] Beiträge zur Geschichte der Landtechnik der DDR. Herausgeber: "Senioren der Landtechnik", Verlag Radieck & Schade GmbH, 2003, ISBN 3-934116-23-X.
- [11] Fritzsche, K.E.: Zur Entwicklung der Landtechnischen Lehre an der Alma Mater Halensis. In: "Vorträge eines Symposiums an der Sektion Pflanzenproduktion, Wissenschaftsbereich Mechanisierung und Technologie aus Anlaß des 75. Geburtstages von Konrad Riedel", Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1985.
- [12] Tätigkeitsberichte des Institutes für Agrartechnik und Landeskultur 1994 bis 2006.
- [13] Krone, B.: Fehlt der Agrartechnik der Nachwuchs? In: 54. Jahrgang LANDTECHNIK 4/99.
- [14] Branchenverbände fürchten Know-how-Verlust. In: VDI- Nachrichten, Düsseldorf 05.01.2007.
- [15] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie Sachsen-Anhalt, Internet 12.12.2017.
- [16] Regionale Innovationsstrategie Sachsen-Anhalt 2014-2020. Stand: Februar 2014, Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt, Internet 12.12.2017.
- [17] Internet: [www.bmbf.de](http://www.bmbf.de), 28.11.2017.
- [18] Partnernetzwerk Wirtschaft 4.0, Sachsen-Anhalt. Internet: <http://www.isa-partnernetzwerk.de/>, 12.12.2017.
- [19] acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. In: "Kompetenzen für Industrie 4.0, Qualifikationsbedarfe und Lösungsansätze", Kurzfassung und Empfehlungen, München 2016.
- [20] Herlitzius, T.: Digitalisierung Entwicklung in der Landwirtschaft 4.0?, TU Dresden, 2017.

**Weiterführende Literatur:**

- [21] Perels, E.: Ratgeber bei Wahl und Gebrauch landwirtschaftliche Geräte und Maschinen. Fünfte umgearbeitete Auflage, Berlin 1879, Verlag von Wiegand, Hempel & Parey.
- [22] Bachner, A.; Herrmann, K.: Geschichte der Landtechnik an der Universität Halle, YAERBOOK Agricultural Engineering, Max-Eyth-Stiftung, Band 21 / 2009, ISBN 978-3-7690-0728-2; S. 232-238.
- [23] Bachner, A.: Forschungsschwerpunkt Mechanisierung und Automatisierung der Aussaat von Zuckerrüben an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. VDI-MEG Fachausschuss "Geschichte der Landtechnik". In DER GOLDENE PFLUG Nr. 33, Deutsches Landwirtschaftsmuseum, Universität Hohenheim, 2011.
- [24] Büscher, W.: Das Institut für Agrartechnik und Landeskultur der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. LANDTECHNIK, 53. Jahrgang 1/98.
- [25] INSTITUTS-BERICHTe der Landwirtschaftlichen Fakultät in Halle (Saale). 1945-1956, Sonderdruck der Wissenschaftlichen Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1956/57, Heft 3.
- [26] Müller, H.-H.: Ein Ingenieur, der Landtechnik lehrte. Emil Perels (1837-1893). In: Berlinische Monatsschrift Jg. 6, H. 12, 1997, S. 59-62.
- [27] Müller, M.: 1902 - 2002 100 Jahre agrartechnische Lehre und Forschung in den Berliner Agrarwissenschaften. Gustav Fischer und das Institut für landwirtschaftliche Maschinenkunde Manfred Müller. Berlin, 2002.
- [28] Emil Perels, Begründer der landtechnischen Ausbildung. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Teil 2 (Kolloquium), 1988. In: Wissenschaftliche Beiträge der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg (2. Heinrich-Heyde-Kolloquium anlässlich des 150. Geburtstages von E. Perels am 11. September 1987 in Berlin).
- [29] 50 Jahre Landwirtschaftliche Fakultät, 1947-1997, Festschrift, Uniondruck Halle GmbH, 1997, ISBN 3-86010-512-4.
- [30] Von der Landwirtschaftlichen Fakultät zum Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Die Entwicklung der agrartechnischen Lehr- und Forschungsstätte 1997-20017, Satz & Grafik GmbH Halle, 2010, ISBN 1860-4684.

**Anlage: Landtechnisches Lehramt an der Universität Halle/ Besetzungen der Stelle**

1867 – 1873 EMIL PERELS

(1867 Ernennung zum "Lector" und gleichzeitig Geschäftsführer der Prüfstation, 1872 Berufung für das Extraordinariat Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde).

1873 – 1896 ALBERT WUEST

(Extraordinariat für Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; Geschäftsführer der Prüfstation).

1896 – 1900 HANS LORENZ

(Außerordentliche Professur Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; Geschäftsführer der Prüfstation).

1900 – 1905 ALWIN NACHTWEH

(Außerordentliche Professur Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; Leiter der selbständigen Abteilung für Maschinen und Gerätekunde; Geschäftsführer der Prüfstation).

1905 – 1907 HEINRICH WALTER

(Außerordentliche Professur Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; Leiter der Abteilung für Maschinen und Gerätekunde; Geschäftsführer der Prüfstation).

1908 – 1937 BENNO MARTINY

(Zunächst außerordentliche Professur Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; Leiter der selbständigen Abteilung für Maschinen und Gerätekunde; Geschäftsführer der Prüfstation; seit 1920 Direktor des Institutes für Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; 1921 Umwandlung des Extraordinariates zum Ordinarius für "Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde").

1937 – 1942 WILHELM KNOLLE

(Ordinarius für Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; Direktor des Institutes für Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde).

1946 – 1951 ADOLF KOENIG

(Ordinarius für Landmaschinen- und Gerätekunde; Direktor des Institutes für Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde).

1951 – 1969 KONRAD RIEDEL

(Seit 1951 Direktor des Institutes für Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätekunde; seit 1955 Ordinarius für Landmaschinen- und Gerätekunde).



1967 – 1989 KARL ERICH FRITZSCH

(Seit 1967 Dozent für Landtechnik; 1969 - 1981 Leiter der Abt. Landtechnik; 1982 Berufung zum a.o. Professor für Landtechnik).

1981 – 1985 PAUL JAKOB

(1981 Berufung auf den Lehrstuhl Landtechnik; 1981-1985 Leiter der Abt. Landtechnik).

1988 – 2000 JOSEF PAPESCH

(1988 Berufung zum a.o. Professor für Arbeitswissenschaft; 1992 - 1994 Leiter des Institutes für Agrartechnik und Landeskultur).

1969 – 1992 KARL HERRMANN

(Seit 1969 Dozent für die Wissenschaftsdisziplin Technologie der Pflanzenproduktion; 1978 Berufung zum ordentlichen Professor für Technologie der Pflanzenproduktion; seit 1973 Leiter des Wissenschaftsbereiches Mechanisierung und Technologie).

1988 – 1991 KLAUS HOEHN

(Seit 1986 Dozent; 1988 Berufung auf den Lehrstuhl Landtechnik; ab 1989 - Komm. Leiter des späteren Institutes für Agrartechnik).

1996 – 2002 WOLFGANG BUESCHER

(1996 Berufung auf die Professur Verfahrenstechnik der Tierproduktion; 1997 - 2000 Leiter des Institutes für Agrartechnik und Landeskultur).

2000 – 2010 PETER PICKEL

(2000 Berufung auf die Professur Landtechnik, Umwelt- und Kommunaltechnik; ab 2000 Leiter des Institutes für Agrartechnik und Landeskultur; 2003 - 2006 Dekan der Landwirtschaftlichen Fakultät; 2007 - 2010 Forschungsaufenthalt bei JOHN DEERE).

---

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 15.01.2018

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Bachner, Axel: 150 Jahre landtechnisches Lehramt an der Universität Halle - die Bedeutung der Landtechnik in Lehre und Forschung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-15

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801191321>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/uni-hallewittenberg.html>

## **75 Landtechnik-Tagungen, eine Erfolgsgeschichte**

Karl Theodor Renius, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

### **Kurzfassung**

Der Aufsatz ist eine überarbeitete Fassung des Festvortrages der LAND. TECHNIK AgEng 2017 Konferenz in Hannover 10.-11.11.2017, direkt vor der AGRITECHNICA 2017. Die erste periodische Landtechniktagung fand 1934 in Berlin statt, initiiert und geleitet von Dr.-Ing. Willi Kloth. Die Grunddaten aller 75 Konferenzen werden in zwei Tafeln zusammengefasst. Der 2. Weltkrieg erzwang eine Unterbrechung, Kloth gelang 1951 eine Wiederaufnahme in der FAL Braunschweig. 1962 ging die Regie an die VDI-Fachgruppe Landtechnik über, mit der MEG kooperierte man ab 1983. Die 48. Tagung in Berlin wurde 1990 probeweise gemeinsam mit der Europa-Tagung AgEng'90 veranstaltet, die 64. sogar 2006 zusammen mit dem XVI. CIGR World Congress und AgEng'06 in Bonn. Der Wechsel des Veranstaltungsortes in den ungeraden Jahren ab 2001 nach Hannover (Messegelände vor der AGRITECHNICA) und die 2007 erfolgte Verschmelzung mit den AgEng-Tagungen krönten die Erfolgsgeschichte.

### **Schlüsselwörter**

Landtechnik, Tagungen, FAL, MEG, VDI-MEG, AgEng, EurAgEng, Agritechnica

## **75 Conferences on Agricultural Engineering, a Success Story**

Karl Theodor Renius, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

### **Abstract**

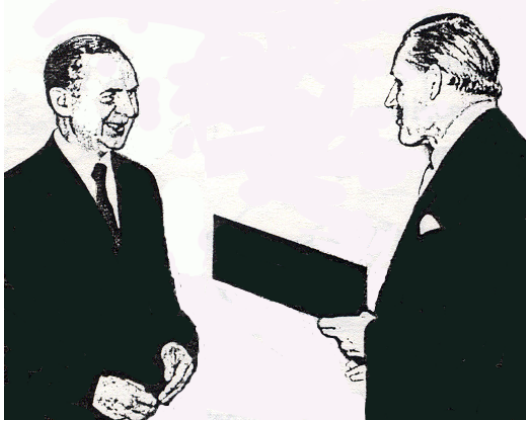
The paper is a revised version of the key note speech at LAND. TECHNIK AgEng 2017 Conference Hannover, Nov. 10-11, 2017, ahead of AGRITECHNICA 2017. The first periodic German conference on agricultural engineering took place 1934 in Berlin, initiated and directed by Dr.-Ing. Willi Kloth. Basic data of all 75 conferences are listed in two tables. The WW II forced an interruption, Kloth succeeded 1951 with a renewal at FAL Braunschweig. The VDI Branch of Agricultural Engineering became engaged from 1962 co-operating with MEG from 1983. In 1990, the 48. conference was organized in Berlin commonly with AgEng testing a new European format and in 2006, the 64. conference was combined with the XVI. CIGR World Congress and AgEng'06 in Bonn. The decision to go to Hannover in the uneven years from 2001 (ahead of AGRITECHNICA at the fair ground) and the merger with AgEng conferences in odd years from 2007 completed the success story.

### **Keywords**

Agricultural engineering, conferences, AgEng, EurAgEng, MEG, VDI-MEG, CIGR

## 1 Gründungsphase und erste Erfolge - geprägt durch Willi Kloth

Die erste regelmäßig wiederkehrende deutsche Tagung für Landtechnik fand vom 30.1. bis zum 1.2.1934 in Berlin statt. Die treibende Kraft war Dr.-Ing. Willi Kloth (1891-1967), unterstützt durch seinen ersten und engsten Mitarbeiter Theodor Stroppel (1901-1981).



**Bild 1:** Theodor Stroppel (rechts) gratuliert Willi Kloth zu dessen 65. Geburtstag

**Figure 1:** Theodor Stroppel (right) congratulating Willi Kloth on his 65. birthday

Basis: © Foto Söhne

Die Lebensläufe von Kloth und Stroppel hat W. Söhne in [1] bzw. [2] gewürdigt, die Vorgeschichte haben A. Stroppel in [3], Matthies in [4] und Stauß in [5] beschrieben.

Kloth wurde nach seiner Promotion 1924 Assistent von Geheimrat Prof. Dr. Gustaf Fischer und übernahm 1927 das neu gegründete Werkstoff-Prüffeld der DLG mit dem Ziel einer Verbesserung der Qualität deutscher Landtechnik.

1933 erhielt Kloth einen Lehrauftrag für Landmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg und gründete dort im gleichen Jahr das Institut für Landmaschinenbau. Stroppel wurde sein erster Mitarbeiter [2]. **Bild 1** zeigt beide anlässlich des 65. Geburtstages von Kloth.

In **Bild 2** ist Willi Kloth (kurz vor seinem Tode) mit seiner Frau Annemarie zu sehen (von ihm sind nur wenige gute Fotos bekannt).

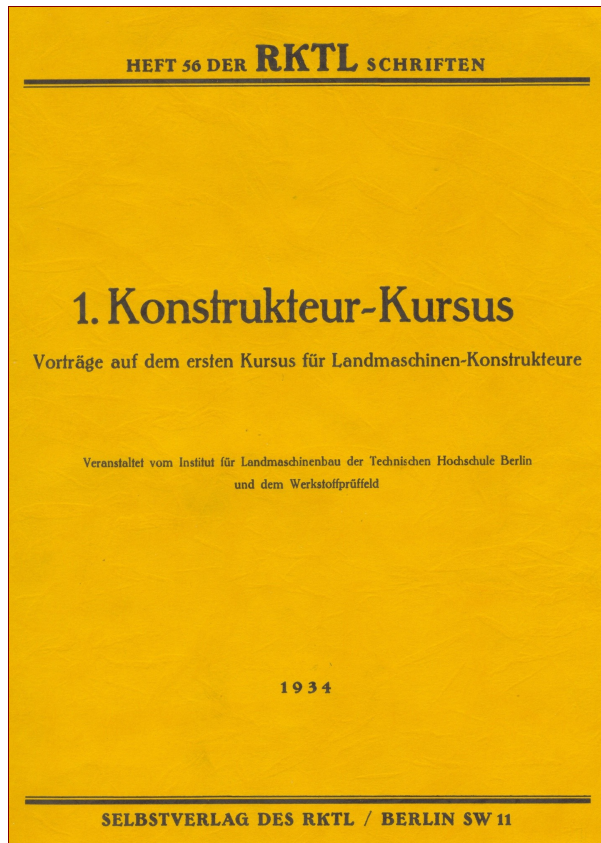


**Bild 2:** Willi Kloth und Frau Annemarie, etwa 1967.

**Figure 2:** Willi Kloth and his wife Annemarie, about 1967.

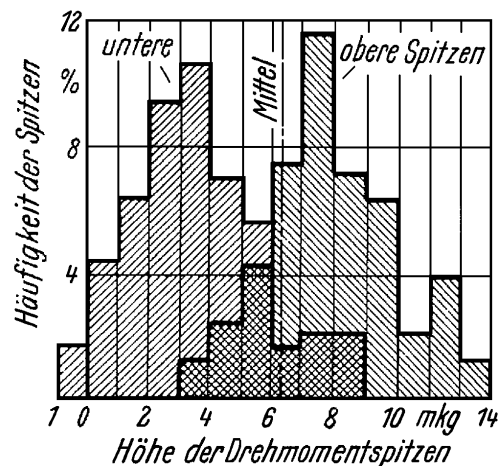
Foto: © Sybille Mattfeldt-Kloth

Basierend auf seinen Erfahrungen mit dem Werkstoffprüffeld reifte in Kloth die Idee, die Grundlagen des Landmaschinenbaus in "Konstrukteurtagungen" zu behandeln und einen intensiven Dialog mit der relevanten Industrie zu führen. Manche Firmen befürchteten Wettbewerbsnachteile als Folge der angestrebten offenen fachlichen Diskussionen. Dieses trat aber nicht ein, der Austausch wurde sogar ein wichtiges Prinzip der weiteren Konferenzen und gilt bis heute als Erfolgsrezept. Die Inhalte der ersten fünf Konferenzen wurden vom Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft (RKTL, Berlin) [5] als RKTL-Hefte von Kloth herausgegeben [6], **Bild 3**. Er selbst zieht in [6] eine Bilanz der ersten 9 Hefte und vorhergehender grundlegender Arbeiten seit 1926. Bei den ersten Konferenzen ging es vor allem um allgemeine Grundlagen des Maschinenbaus.



**Bild 3:** Dokumentation der ersten Konferenz 1934

**Figure 3:** Documentation of the 1. conference 1934



**Bild 4:** Erste Lastkollektive des Maschinenbaus (Auszug), 1932 publiziert [7]

**Figure 4:** First load spectra in mechanical engineering (extract), published in 1932 [7]

Neben der Behandlung relevanter Werkstoffe wurde auch über die Dimensionierung der Bauteile gesprochen. Kloth wies dabei auf die große Bedeutung dynamischer Belastungen im Landmaschinenbau hin, die eine statistische Sichtweise erfordern.

Auf der ersten Tagung 1934 berichtete er dazu über Drehmomentmessungen an dem Zapfwellenantrieb eines Mähbinders. Kloth und Stroppel hatten aus Messschrieben Lastkollektive gebildet und 1932 publiziert [7]. **Bild 4** zeigt daraus einen Ausschnitt. Die Publikation [7] gilt als weltweit erste Präsentation von Lastkollektiven im Maschinenbau, abgeleitet von regellosen, gemessenen Lastverläufen.

Willi Kloth, seit 1940 Professor, leitete nicht nur die erste Phase der Konferenzen von 1934 bis 1941, sondern auch die 1951 wieder aufgenommenen Tagungen bis 1959, die nun in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig-Völkenrode stattfanden, **Tabelle 1**. Für seine großen Verdienste erhielt er zahlreiche hohe Auszeichnungen [1], u. a. einen Ehrendoktor der HU Berlin und das große Bundesverdienstkreuz.

**Tabelle 1:** Die ersten 19 Konferenzen, 17 davon geleitet von Prof. Kloth, gewürdigt von Stroppel [3]

**Table 1:** The first 19 conferences, 17 of them directed by Prof. Kloth, recognized by Stroppel [3]

Nr./No. Jahr/Year	Ort/Loc.	Chairman	Organisator/Organizer	Chairman VDI
1 - 8 *) 1934-1941	Berlin	Kloth	Inst. für Landmaschinen Techn. Hochschule Berlin	-
9-17/1951-59 18-19/1960-61	Braunschweig	Kloth Batel	Inst. für landt. Grundlagenforschung der FAL **)	1958-59: Kloth 1960-61: Friedrich
*) Vorträge der Tagungen 1 bis 5 dokumentiert in RKTl Heften Nr. 56, 61, 71, 88 und 91 Contents of conferences 1-5 are documented in RKTl brochures No. 56, 61, 71, 88 and 91 **) In 1962/63/64 gab es neben den drei VDI-Tagungen drei letzte Konstrukteurtagungen in der FAL In 1962/63/64, three VDI conferences were parallel to three final FAL designer conferences				

Die FAL war 1948 gegründet worden und man hatte Professor Kloth zum Direktor des Instituts für Landtechnische Grundlagenforschung berufen, dem er bis 1958 vorstand. Kloth führte die Tagungen bis 1959 fort, ab 1960 sein Nachfolger Prof. Dr.-Ing. W. Batel. Bis 1964 hießen die Treffen "Konstrukteurtagung". 1962 begannen parallel Tagungen in Regie des VDI (in der FAL noch drei Konstrukteurtagungen 1962/63/64). Wegen der Gleichzeitigkeit wird 1962/63/64 nur jeweils ein Tagungsjahrgang gezählt, siehe **Tabelle 4** im nächsten Kapitel.

Die erste Konferenz nach dem 2. Weltkrieg fand am 12. bis 14. Februar 1951 in der FAL statt und behandelte im Gegensatz zu den Vorkriegsveranstaltungen nun nicht mehr nur allgemeine, sondern eher spezielle landtechnische Grundlagen.

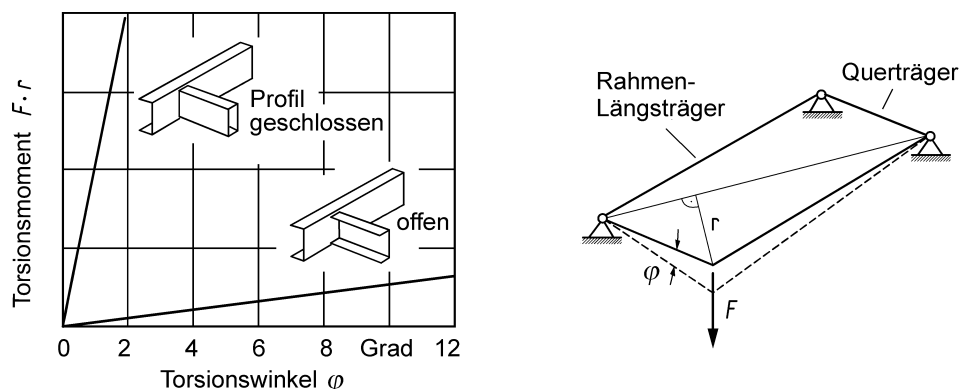
Die Themen von **Tabelle 2** geben vereinfacht die Titel der ersten Tagung wieder. Die Beiträge findet man in den 1951 von Kloth gegründeten GRUNDLAGEN DER LANDTECHNIK, **Bild 5**, die sich unter der großartigen Schriftleitung von Theodor Stroppel [2] zu einer der weltweit besten Landtechnik-Fachzeitschriften entwickelte.

Schon das erste Heft 1951 erschien wegen der Nachfrage bereits 1953 als zweite Auflage. Die hohe Qualität zog sogar Übersetzungen ins Englische nach sich, so zum Beispiel vom National Institute of Agricultural Engineering (NIAE), Silsoe. Viele Arbeiten haben bis heute Bedeutung, dazu zwei Beispiele.

**Tabelle 2:** Inhalt d. ersten Nachkriegskonferenz 1951  
**Table 2:** Content of the first conference after WW II

Thema/Subject	Sprecher/Author
Konstruieren in Deutschland und USA ....	W. Kloth
Traktoren und Geräte in den USA .....	H. Meyer
Kräfte an einem Pflug .....	G. Getzlaff
Kräfte zwischen Traktor und Gerät ...	H. Skalweit
Kinematik der Geräteaushebungen .....	K. Hain
Ölhydraulische Kraftheber .....	A. Seifert
Steifigkeit von Rahmen .....	W. Bergmann
Konstruktion von Speichenrädern .....	H. Müller
Konstruktion von Knoten .....	W. Bergmann
Modelle als Konstruktionshilfe .....	W.G. Brenner
Statische Modellähnlichkeit .....	W. Bergmann
Grundlagen landt. Bodenmechanik .....	W. Söhne
Luftströmungen in der Landtechnik .....	U. Blenk
Entwerfen pneumatischer Gebläse .....	G. Segler
Übersicht über Scheibenpflüge .....	W. Söhne

Das erste betrifft die Gestaltung torsionssteifer Rahmen, **Bild 6**. Hier kommt es besonders auf die Verwendung geschlossener Querprofile an [8]. Daran ist interessant, dass deren Wirkung in der Regel sehr viel größer ist als erwartet, daher ist dieser Aufsatz bis heute wichtig.



**Bild 6:** Geschlossene Querprofile erhöhen die Torsionssteifigkeit von Rahmen im Vergleich zu offenen Profilen nach Bergmann [8] meistens mehr als erwartet, in diesem Fall fast um den Faktor 30!

**Figure 6:** Influence of cross profiles on frame stiffness after Bergmann [8]. Closed cross profiles instead of open ones increase torsion stiffness more than expected, in this case almost by factor 30!

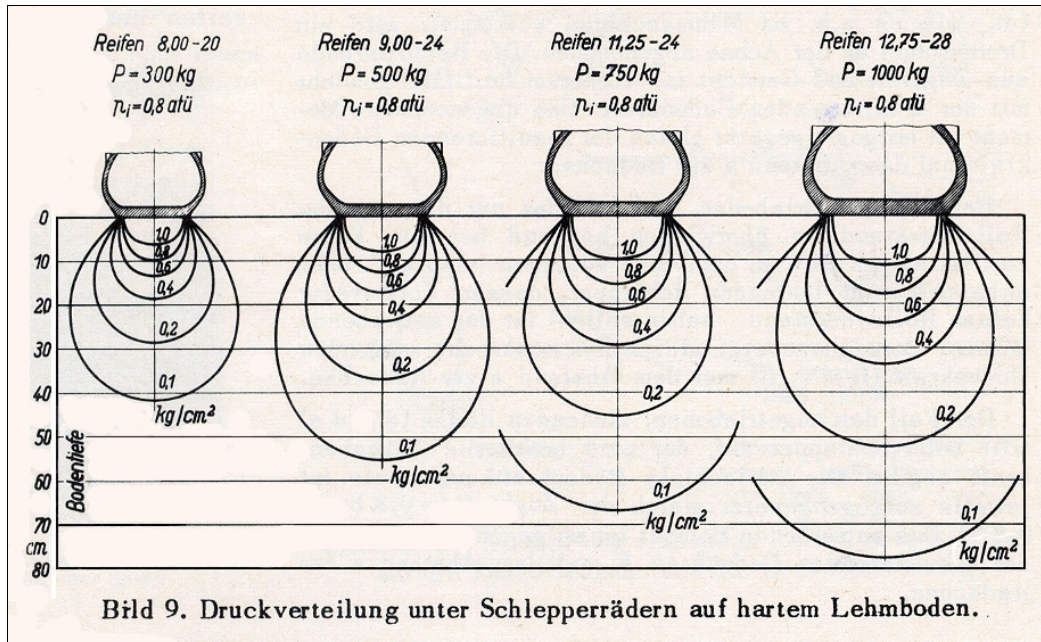




**Bild 5:** Erstes Heft der von W. Kloth 1951 gegründeten GRUNDLAGEN DER LANDTECHNIK  
**Figure 5:** First issue of the GRUNDLAGEN DER LANDTECHNIK, founded 1951 by W. Kloth

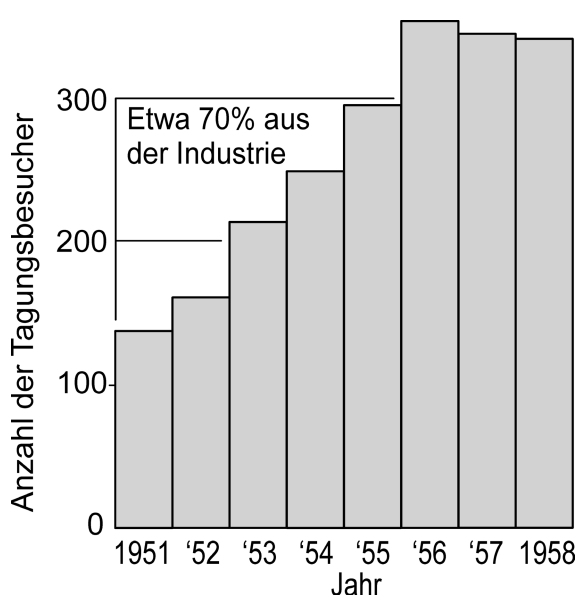


Das zweite Beispiel für die Tagung 1951 betrifft die erste Publikation von W. Söhne über seine danach weltweit bekannt gewordenen "Druckzwiebeln", **Bild 7**. Das Originaldiagramm aus [9] zeigt für einen festen, homogenen Boden, dass die Bodendrücke trotz gleicher Luftdrücke und somit etwa gleicher Kontaktflächendrücke mit steigender Radlast tiefer reichen.



**Bild 7:** Erstes publiziertes Diagramm von W. Söhne über Linien gleicher Hauptdruckspannungen im Boden unter Reifen – hier für konstante Luftdrücke, aber unterschiedliche Radlasten (Originalbild [9])

**Figure 7:** First published diagram of W. Söhne on his "pressure bulbs": Lines of constant main soil pressures under tires for constant inflation pressure but different tire loads (original diagram [9])



**Bild 8:** Steigende Tagungsteilnehmer [3]

**Figure 8:** Increasing delegates [3]

Söhne erzählte mir seinerzeit dazu, dass die Berechnungen dieser Linien für das elastisch-plastische Kontinuum "Ackerboden" von Hand damals ohne ein Computerprogramm sehr mühsam und zeitraubend gewesen seien.

Viele weitere Beispiele für die Exzellenz der Tagungsbeiträge und deren Dokumentation könnte man nennen.

Diese Qualität führte zu einer raschen Zunahme der Teilnehmer auf über 300, **Bild 8**.

Der dabei sehr hohe Anteil aus der Industrie (nach [3] durchschnittlich etwa 70%) bestätigte die geschilderte Tagungsphilosophie von Kloth [6] und festigte die Fortführung des Konzepts.

Praxisnähe und der Dialog mit der Industrie sind bis heute wichtige Erfolgssegmente.

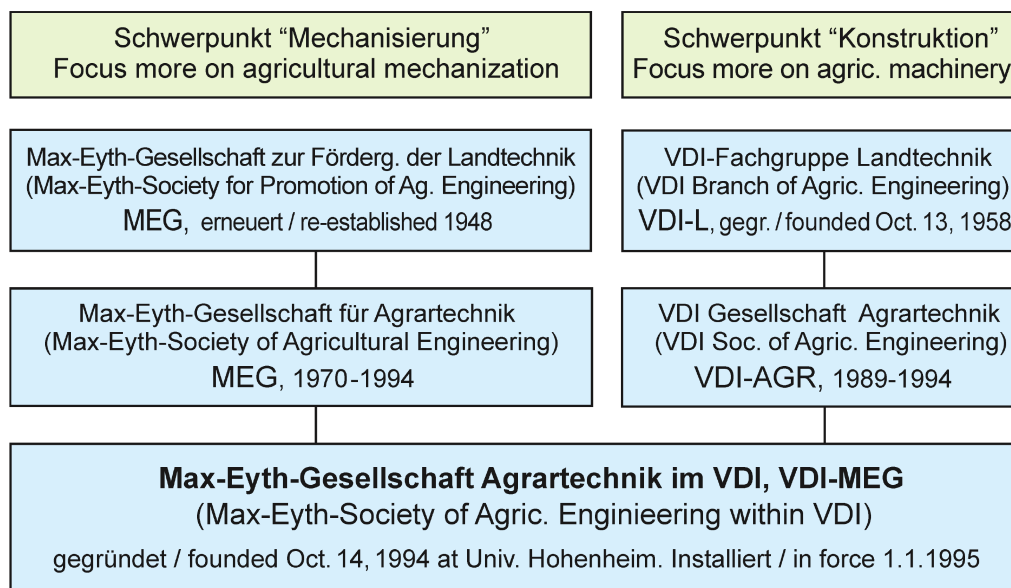


## 2 Die Tagungsorganisation verschiebt sich zu VDI und MEG

Im Jahre 1958 war die "VDI-Fachgruppe Landtechnik" (VDI-L) gegründet worden [10; 11], daneben gab es nach dem 2. Weltkrieg die 1948 wieder gegründete "Max-Eyth-Gesellschaft zur Förderung der Landtechnik" (MEG, 1970 umbenannt in Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik), **Tabelle 3**. Die Vorgeschichte der VDI-L hat Prof. A. Stroppel in [10] geschrieben, die Entwicklung der beiden Gesellschaften (mit Vorkriegsgeschichte) sowie deren Vereinigung 1994 würdigte Prof. H.J. Matthies (1921-2016) später ausführlich in [11].

**Tabelle 3:** Entwicklung der deutschen Gesellschaften für Landtechnik nach dem 2. Weltkrieg [11]

**Table 3:** Development of the German societies of agricultural engineering after World War II [11]



Ab 1962 erfolgte die Konferenzorganisation durch die VDI-Fachgruppe Landtechnik. Treibende Kraft für eine weitere Aufwertung war Prof. Georg Segler, **Bild 9**.

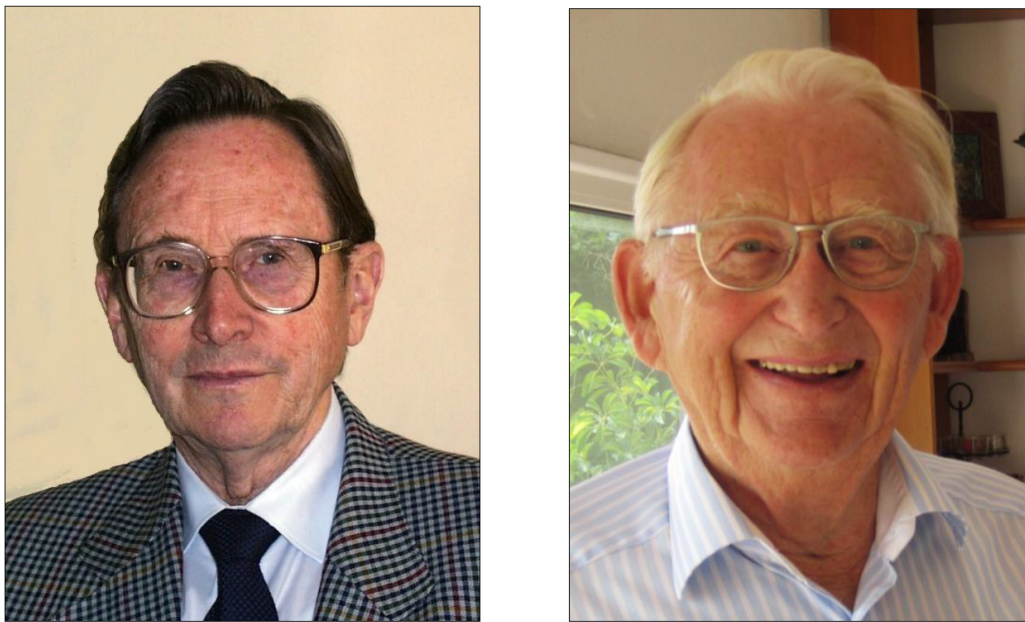
Kloth setzte seine "Konstrukteurtagungen" wie schon erwähnt noch 1961/63/64 fort, danach einigte man sich endgültig auf eine einzige nationale VDI-Jahrestagung, unterstützt durch MEG und FAL. Die Zielsetzung von Kloth blieb erhalten. Das mag auch ein Grund gewesen sein, dass man die "VDI-Tagung Landtechnik" für etwa zwei Jahrzehnte noch regelmäßig alle zwei Jahre in Braunschweig abhielt, **Tabelle 4**.

1983 wurde Prof. Matthies Vorsitzender der VDI-Fachgruppe. Prof. Stroppel war zu dieser Zeit Vorsitzender des Programmausschusses der Tagung. Er erreichte in diesem Jahr eine offizielle Kooperation mit der MEG (Tabelle 4), ein aus heutiger Sicht historisch bedeutender Schritt, den Prof. H. Eichhorn damals als



**Bild 9:** Prof. G. Segler (1906-1978)

**Figure 9:** Prof. G. Segler (1906-1978)



**Bild 10:** links: Prof. H.J. Matthies (1921-2016); rechts: Prof. Horst Göhlich (1926-2016)

**Figure 10:** left: Prof. H.J. Matthies (1921-2016); right: Prof. Horst Göhlich (1926-2016)

Vorsitzender der MEG unterstützte. Gleichzeitig feierte man das 25-jährige Bestehen der VDI-Fachgruppe [10; 11]. Prof. Matthies präsentierte in seiner Rede zur Eröffnung der Jubiläumstagung 1983 die Vision, nicht nur zusammen zu arbeiten, sondern als nächstes Ziel eine Vereinigung beider Organisationen anzugehen, d. h. MEG und VDI-AGR zu verschmelzen. Dieser Vorschlag löste heftige Diskussionen aus. Mitglieder der MEG befürchteten ein "Schlucken durch den VDI" mit eher höheren Beiträgen und Einbußen bei der traditionsreichen MEG-Kultur. Die Bedenken waren durchaus verständlich und es wurde sehr mühsam, sie gemeinsam weitgehend abzubauen.

Annäherung erreichte man neben weiteren Tagungen durch zahlreiche kooperative Projekte wie z. B. durch das auf Initiative von Matthies 1988 gegründete Jahrbuch Agrartechnik, unterstützt von VDMA-LAV und KTBL, lange von Matthies und F. Meier gemeinsam herausgegeben [10; 11]. Motivierend war auch ein Ereignis; das am 9.10.1990 in Ulm statt fand. Es war die herzliche Begrüßung ostdeutscher, nun freier Professoren durch westdeutsche Kollegen im Zuge der Wiedervereinigung, organisiert von Prof. A. Stroppel, dem damaligen Vorsitzenden des Arbeitskreises Forschung und Lehre der MEG [11; 12].

Am 14.10.1994 wurde die Gründung der VDI-MEG auf Schloss Hohenheim beschlossen (wirksam ab 1.1.1995). Vorausgegangen waren sehr viele Besprechungen, oft geleitet von Prof. Matthies, **Bild 10**. Er nennt in [11] als Hauptmitwirkende folgende Herren: Die Professoren Eichhorn, Gego, Göhlich, Renius, Schön und Stroppel, die Industrievertreter Dr. F. Meier und Dr. Welschhof sowie die Geschäftsführer Dr. Simbürger (VDI-AGR) und Dr. Frisch (MEG). Matthies erhielt u. a. für diese Verdienste hohe Ehrungen, u. a. 1991 die Ehrendoktorwürde der TU München. Aus dem Kollegenkreis vertrat damals auf internationaler Ebene vor allem Prof. Horst Göhlich unsere Interessen, Bild 10, insbesondere in Richtung Europa.

**Tabelle 4:** Konferenzen 1962-2017

**Table 4:** Conferences 1962-2017

Basic data: Dr. A. Herrmann, VDI

No.	Year	Location	Conf. Chairman	Organizer	Society Chairman
20	1962	Köln	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
21	1963	Heidelberg	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
22	1964	Münster	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
23	1965	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
24	1966	Stuttgart	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
25	1967	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
26	1968	München	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
27	1969	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Segler
28	1970	Ulm	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Dr. Eggenmüller
29	1971	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Dr. Eggenmüller
30	1972	München	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Dr. Eggenmüller
31	1973	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Dr. Eggenmüller
32	1974	Stuttgart	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Schilling
33	1975	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Schilling
34	1976	München	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Schilling
35	1977	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Schilling
36	1978	Nürnberg	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Schilling
37	1979	Braunschweig	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Prof. Schilling
38	1980	Neu-Ulm	-	VDI Agric. Eng. Dep.	Dipl.-Ing. Logos
39	1981	Braunschweig	Prof. Stroppel	VDI Agric. Eng. Dep.	Dipl.-Ing. Logos
40	1982	Neu-Ulm	Prof. Stroppel	VDI Agric. Eng. Dep.	Dipl.-Ing. Logos
41	1983	Braunschweig	Prof. Stroppel	VDI Agric. Eng. Dep.+ MEG	Prof. Matthies
42	1984	Neu-Ulm	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Dep.+ MEG	Prof. Matthies
43	1985	Braunschweig	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Dep.+ MEG	Prof. Matthies
44	1986	Neu-Ulm	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Dep.+ MEG	Prof. Matthies
45	1987	Braunschweig	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Dep.+ MEG	Prof. Matthies
46	1988	Neu-Ulm	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Dep.+ MEG	Prof. Matthies
47	1989	Köln	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Soc.+ MEG	Prof. Göhlich
48	1990	Berlin	Prof. Göhlich	VDI Agric. Eng. Soc.+MEG+AgEng	Prof. Göhlich
49	1991	Braunschweig	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Soc.+ MEG	Prof. Göhlich
50	1992	Freising-Weih.	Prof. Renius	VDI Agric. Eng. Soc.+ MEG	Dr. Welschhof
51	1993	Braunschweig	Prof. Harms	VDI Agric. Eng. Soc.+ MEG	Dr. Welschhof
52	1994	Hohenheim	Prof. Harms	VDI Agric. Eng. Soc.+ MEG	Dr. Welschhof
53	1995	Braunschweig	Prof. Harms	VDI-MEG (Merger)	Prof. Renius
54	1996	Berlin	Prof. Hahn	VDI-MEG	Prof. Renius
55	1997	Braunschweig	Prof. Hahn	VDI-MEG	Prof. Renius
56	1998	München	Prof. Auernhammer	VDI-MEG	Dr. Ratschow
57	1999	Braunschweig	Prof. Auernhammer	VDI-MEG	Dr. Ratschow
58	2000	Münster	Prof. Auernhammer	VDI-MEG	Dr. Ratschow
59	2001	Hannover	Prof. Auernhammer	VDI-MEG, Coop. with EurAgEng	Dr. Ratschow
60	2002	Halle	Prof. Auernhammer	VDI-MEG	Dr. Ratschow
61	2003	Hannover	Prof. Auernhammer	VDI-MEG, Coop. with EurAgEng	Dr. Ratschow
62	2004	Dresden	Dr. Ehlert	VDI Wissensforum + VDI-MEG	Prof. Frerichs
63	2005	Hannover	Dr. Ehlert	VDI Wissensforum + VDI-MEG	Prof. Frerichs
64	2006	Bonn	Prof. Munack	VDI-MEG + EurAgEng + CIGR	Prof. Frerichs
65	2007	Hannover	Dr. Ehlert	VDI Wiss.+VDI-MEG+EurAgEng	Prof. Frerichs
66	2008	Hohenheim	Dr. Ehlert	VDI Wissensforum + VDI-MEG	Prof. Frerichs
67	2009	Hannover	Prof. Lang	VDI Wiss.+VDI-MEG+EurAgEng	Prof. Böttinger
68	2010	Braunschweig	Prof. Lang	VDI Wissensforum + VDI-MEG	Prof. Böttinger
69	2011	Hannover	Prof. Lang	VDI Wiss.+VDI-MEG+EurAgEng	Prof. Böttinger
70	2012	Karlsruhe	Prof. Lang	VDI Wissensforum + VDI-MEG	Prof. Böttinger
71	2013	Hannover	Prof. Lang	VDI Wiss.+VDI-MEG+EurAgEng	Prof. Böttinger
72	2014	Berlin	Prof. Meyer	VDI Wissensforum + VDI-MEG	Prof. Böttinger
73	2015	Hannover	Prof. Meyer	VDI Wiss.+VDI-MEG+EurAgEng	Prof. Pickel
74	2016	Köln	Prof. Meyer	VDI Wissensforum + VDI-MEG	Prof. Pickel
75	2017	Hannover	Prof. Meyer	VDI Wiss.+VDI-MEG+EurAgEng	Prof. Pickel

### 3 Europa im Blick

Ein erster Anstoß kam aus England: Die AgEng'84 Konferenz in Cambridge, geleitet von dem damals in der englischen Landtechnik herausragenden Prof. John Matthews, aus Frankreich begeistert unterstützt durch Prof. Francis Sevilla und aus Deutschland auch früh gefördert durch Prof. Horst Göhlich und andere.

Der Erfolg ermutigte eine gebildete "AgEng Working Party" zur Weiterführung: AgEng'86 in Noordwijkerhout (A. Hagting), AgEng'88 in Paris, (F. Sevilla) und AgEng'90 in Berlin (H. Göhlich).

Die Berliner Konferenz war mit unserer Jahreskonferenz verschmolzen worden, **Bild 11**. Das unterstützte die Gründung der EurAgEng, der Europäischen Gesellschaft für Agrartechnik, beschlossen 1991, in Kraft zum 1.1.1992.

Prof. Sevilla (1949-2010) wurde erster Präsident, danach Prof. Brian Whitney (UK) und Dr. F. Meier (Deutschland). Die **EurAgEng** etablierte sich überzeugend und konnte im Jahre 2017 auch feiern:

**Wir gratulieren an dieser Stelle sehr herzlich zum 25-jährigen Bestehen!**

Die geschilderte Vereinigung der beiden deutschen Gesellschaften zur VDI-MEG wurde zu einer starken Plattform für weitere Fortschritte in Richtung Europa. Prof. H. Auernhammer, Leiter unserer Tagungen 1998 - 2003 (Tabelle 4), konnte mit der DLG und der Messe Hannover vereinbaren, dass unsere Jahrestagung in den ungeraden "AGRITECHNICA-Jahren" ab 2001 direkt vor der Messe im dortigen Kongresszentrum ICC stattfinden konnte.

Der deutlich ansteigende Zuspruch auf 469 Besucher (2001) - davon 63% aus der Industrie - ermutigte zu weiteren Schritten. Am 14.06.2003 (Datum 6.6. in VDI-Ber. 2300 Schreibfehler) fand in Leuven (Belgien) eine Sitzung des "Council der EurAgEng" statt, bei dem die Professoren Auernhammer, Renius und Zasko Deutschland vertraten. Prof. Auernhammer trug auf dieser Besprechung folgenden weiteren Schritt in Richtung Europa vor: die deutsche Landtechniktagung möge man in den ungeraden Jahren in Hannover mit der AgEng - Tagung verschmelzen. Nach kritischen Diskussionen gab das Council dafür am Ende grünes Licht, hilfreich unterstützt durch EurAgEng Past President Prof. Josse de Baerdemaeker (Belgien), einem vehementen Befürworter des Zusammenrückens in Europa.



**Bild 11:** Die Berliner AgEng-VDI-MEG Konferenz 1990  
**Figure 11:** Berlin AgEng-VDI-MEG Conference 1990



Als ein weiterer Meilenstein kann der Weltkongress 2006 gelten, der gemeinsam von CIGR, EurAgEng und VDI-MEG unter Regie von CIGR-Past Präsident Prof. A. Munack im alten Bundestag Bonn stattfand, **Bild 12**. Gewisse deutsche Bedenken zu "Tagungssprache nur Englisch" wurden weiter abgeschwächt und 2007 konnte die erste kombinierte Tagung LAND. TECHNIK AgEng in Hannover stattfinden. Es kamen 659 Teilnehmer, später noch weit mehr.

Unser aller Dank gilt den vielen Persönlichkeiten (auch den nicht genannten), die über Jahrzehnte zu dieser bemerkenswerten Erfolgsgeschichte beigetragen haben.



**Bild 12:** Abendveranstaltung des CIGR Weltkongresses 2006 gemeinsam mit EurAgEng und VDI-MEG im ehem. Deutschen Bundestag in Bonn. Auf der „Kanzlerbank“ (vorn links erste Reihe): Prof. Luis Santos Pereira (Präsident CIGR), Prof. Bill Day (Präsident EurAgEng) und Dr. Ludger Frerichs (Vorsitzender VDI-MEG). Am Pult Eckhard Uhlenberg, Landwirtschaftsminister von NRW.

**Figure 12:** Evening session of the CIGR Word Congress 2006 together with EurAgEng and VDI-MEG in the former German House of Parliament, Bonn. On the Chancellor's Bank in the first row left Prof. Luis Santos Pereira (President CIGR), Prof. Bill Day (President EurAgEng) and Dr. Ludger Frerichs (President VDI-MEG). At the desk Eckhard Uhlenberg, Minister of Agriculture of NRW.

Foto: CIGR Bonn

## Literatur

- [1] Söhne, W.: Professor Willi Kloth zum Gedenken. Grundlagen d. Landtechnik 18 (1968) H. 1, S. 11-13.
- [2] Söhne, W.: Theodor Stroppel †. Grundlagen d. Landtechnik 31 (1981) H. 4, S. 142-143

- [3] Stoppel, Th.: Die Tagungen der Landmaschinen-Konstrukteure 1934 -1958. Grundlagen d. Landtechnik H. 10 (15. Konstrukteurheft), S. 1-3. Düsseldorf: VDI-Verlag 1958.
- [4] Matthies, H.J.: Die strukturelle Entwicklung der deutschen Landtechnik im 20. Jahrhundert. Festvortrag Tagung LANDTECHNIK Braunschweig 12.-13.10.1995. In: Sonderdruck "50 Jahre LANDTECHNIK", S. 2-9. Beilage zu Landtechnik 51 (1996) H. 1.
- [5] Stauß, W.: Meine Erinnerungen an das Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft (RKTL). Eigenverlag. Frankfurt am Main: 1969.
- [6] Kloth, W.: Entwicklungsmöglichkeiten der Landtechnik von der Grundlagenforschung her gesehen. Grundlagen d. Landtechnik H. 3 (10. Konstrukteurheft), S. 5-11. Düsseldorf: VDI-Verlag 1952 (2. Aufl. 1956). Darin 269 Literaturhinweise (einige doppelt).
- [7] Kloth, W. und Stoppel, Th.: Der Energiefluß im Zapfwellenbinder, Teil I-III. Technik in der Landwirtschaft 13 (1932), H. 2, S. 49-50, H. 3, S. 66-69 und H. 4, S. 88-91. Siehe auch Z. VDI 78 (1934) H. 21, S. 629-632 and Z. VDI 80 (1936) H. 4, S. 85-92.
- [8] Bergmann, W.: Steifigkeit sperriger Bauteile. Grundlagen d. Landtechnik Heft 1 (9. Konstrukteurheft), S. 61-67. Düsseldorf: VDI-Verlag 1951 (2. Auflage 1953).
- [9] Söhne, W.: Das mechanische Verhalten des Ackerbodens bei Belastungen unter rollenden Rädern sowie bei der Bodenbearbeitung. Grundlagen d. Landtechnik Heft 1 (9. Konstrukteurheft), S. 87-94. Düsseldorf: VDI-Verlag 1951 (2. Auflage 1953).
- [10] Stoppel, A.: Vorgeschichte und Entstehung der VDI-Fachgruppe Landtechnik. In: Renius, K.Th. (Gesamtbearbeitung): 25 Jahre VDI-Fachgruppe Landtechnik, S. 1-15. Düsseldorf: VDI Fachgruppe Landtechnik 1983.
- [11] Matthies, H.J. et al.: Geschichte der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI. Düsseldorf: VDI-MEG 2006.
- [12] Renius, K.Th.: 50 Jahre Agrartechnik im VDI. Festvortrag 66.Tagung LAND.TECHNIK 25.-26.09.2008 Hohenheim.  
Überarbeitete Fassung siehe: Renius, K.Th.: 50 Jahre Agrartechnik im VDI – ein Stück Landtechnikgeschichte. In: Der Goldene Pflug, Ausgabe 28, S. 4-12 (33 Literaturstellen). Hohenheim: Förderverein Deutsches Landwirtschaftsmuseum 2008.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information****Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 08.02.2018

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Renius, Karl Theodor: 75 Landtechnik-Tagungen, eine Erfolgsgeschichte. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-12

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801191330>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/landtechniktagungen.html>

